

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ
UNIVERZITA OSTRAVA**

**HORNICKO – GEOLOGICKÁ
FAKULTA**

INSTITUT ENVIRONMENTÁLNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Návrh rekonstrukce vodovodního řadu v lokalitě Havířov-Šumbark

BAKALÁŘKÁ PRÁCE

Proposal for reconstruction of water mains in Havířov-Šumbark

Autor:

Ondřej Mahdal

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Jan Thomas, Ph.D.

Ostrava 2015

Zadání bakalářské práce

Student: **Ondřej Mahdal**
Studijní program: B2102 Nerostné suroviny
Studijní obor: 2102R006 Technologie a hospodaření s vodou
Téma: **Návrh rekonstrukce vodovodní řádu v lokalitě Havířov - Šumbark**
Proposal for reconstruction of water mains in Havířov - Šumbark

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Posouzení zásobování vodou lokality Havířov-Šumbark
3. Návrh rekonstrukce vodovodního řádu
4. Vyhodnocení variant rekonstrukce v dané lokalitě
5. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:

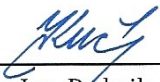
Dle pokynů vedoucího bakalářské práce.

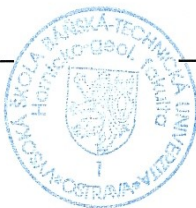
Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

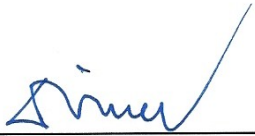
Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jan Thomas, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2014

Datum odevzdání: 30.04.2015


doc. Dr. Ing. Radmila Kučerová
vedoucí institutu




prof. Ing. Vojtech Dirner, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. -
- autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB – TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst.3)
- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB – TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce.
- Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé bakalářské práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB – TUO
- bylo sjednáno, že s VŠB – TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB – TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB – TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše)

V Ostravě

.....
Mahdal Ondřej

Adresa trvalého pobytu

V Polích 203/6a
734 01 Karviná-Ráj

Místopřísežně prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci vypracoval samostatně.

V Ostravě

Mahdal Ondřej

Rád bych poděkoval vedoucímu této bakalářské práce Ing. Janu Thomasovi, Ph.D. za rady a věcné připomínky týkající se řešené problematiky a také za ochotu a vstřícnost při konzultacích mé práce. Dále děkuji Ing. Janu Turečkovi, Ph.D. za poskytnuté informace při řešení praktické části této práce.

Abstrakt

Cílem této práce je navržení optimální technologie pro rekonstrukci vodovodního řadu v Havířově-Šumbarku, ul. Na Parceli, U Nádraží. Součástí práce je technické a cenové srovnání použití bezvýkopových technologií se standardními výkopovými pracemi. Nedílnou součástí práce je zpracování zjednodušené hydraulické analýzy pro zdůvodnění snížení dimenze navrhovaného potrubí a zpracování projektové dokumentace. Data byla zpracována pomocí platných zákonů a norem.

Návrhem rekonstrukce vodovodu bude eliminována poruchovost vodovodního úseku a tím dojde ke zlepšení kvality včetně snížení doby zdržení distribuované vody v zájmovém území.

Klíčová slova

vodovod, návrh rekonstrukce, bezvýkopová technologie, Berstlining, Relining

Abstract

The aim of this bachelor thesis is a proposal of the optimal technology for the reconstruction of water mains in Havířov-Šumbark, ul. Na Parceli, U Nádraží. The part of this work is the technical and price comparison by using the trenchless technology with the standard trial diggings. An integral part of this work is the processing of the simplified hydraulic analyzes which justifies a dimension's reduction of the proposed pipeline and the processing of the project documentation. The data were processed by using the applicable laws and standards.

The failure of the rate water sector will be eliminated by the proposal of the water supply system's reconstruction and this reconstruction improves the quality of the supplied water including reduction of the time of its delay in the concerned area.

Key words

water main , Proposal of the reconstruction, Trenchless, Berstlining, Relining

Obsah

1.	ÚVOD A CÍL PRÁCE	1
2.	HISTORIE ZÁSOBOVÁNÍ VODOU	2
3.	TEORETICKÁ ČÁST	4
3.1.	LEGISLATIVA	4
3.1.1.	Stavební zákon 183/2006 Sb. (novelizován zákonem č. 350/2012 Sb)	4
3.1.2.	Zákon o vodách 150 /2010 Sb. (novelizován zákonem č. 150/2010 Sb)	5
3.1.3.	Zákon o vodovodech a kanalizací pro veřejnou potřebu 274/2001 Sb.(novelizován zákonem č. 275/2013 Sb)	6
3.2.	Zásobování spotřebišť vodou	9
3.3.	Základní rozdělení vodovodů	9
3.3.1.	Podle rozsahu působení	9
3.3.2.	Rozdělení vodovodu dle výškového uspořádání	10
3.3.3.	Rozdělení vodovodu dle účelu	11
3.4.	Akumulace vody- VODOJEMY.....	11
3.4.1.	Rozdělení vodojemů podle účelu.....	11
3.4.2.	Rozdělení podle umístění.....	12
3.4.3.	Rozdělení podle konstrukce	12
3.5.	Rozvodné vodovodní sítě.....	12
3.6.	KOLEKTORY	14
3.7.	Trubní materiál.....	16
3.7.1.	Kovový	16
3.7.2.	Nekovový.....	17
4.	BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE	18
4.1.	Úvod do problematiky bezvýkopové technologie	18
4.2.	Historický vývoj.....	19

4.3.	Rozdělení bezvýkopových technologií	20
4.3.1.	Bezvýkopová technologie pro opravu či obnovu s odstraněním starých (původních) potrubí	20
4.3.2.	Bezvýkopová technologie pro opravu či obnovu při zachování konstrukce starého (původního)potrubí	21
4.3.3.	Bezvýkopová technologie s užitím nových speciálních konstrukčních prvků aplikovaných do původních potrubních řadů	22
4.3.5.	Bezvýkopová technologie s užitím nových konstrukčních prvků finálně vyrobených na stavbě.....	25
4.3.6.	Bezvýkopová technologie pro stavbu nových vodovodních řadů a stok	26
4.4.	Shrnutí a optimální výběr bezvýkopové technologie	29
5.	PRAKTICKÁ ČÁST	30
5.1.	Popis stávajícího stavu	30
5.1.1.	Vodovodní síť města Havířov- provozování	30
5.1.2.	Trubní materiály v oblasti Havířov	30
5.2.	Posuzovaná oblast - Havířov-Šumbark ,Na Parceli,U Nádraží.....	33
5.2.1.	Popis trasy vodovodu	35
5.3.	Návrh rekonstrukce	37
5.3.1.	Dynamika poruch	37
5.3.2.	Hydraulický výpočet - Stanovení dimenze nového potrubí	39
5.3.4.	Výběr materiálu.....	43
5.4.	Technické a cenové srovnání výkopových a bezvýkopových technologií při rekonstrukci navrhovaného vodovodního řadu	43
5.4.1.	Pokládka vodovodního řadu do výkopu /(průběh stavebně-montážních prací)....	44
5.4.2.	Bezvýkopová technologie- řízený protlak /TALPA RPF spol. s r.o.(průběh stavebně- montážních prací).....	46
5.4.3.	Bezvýkopová technologie – BERSTLINING /průběh stavebně montážních prací).. <td>47</td>	47

5.4.4.	Bezvýkopová technologie- RELINING (průběh stavebně montážních prací)	47
5.4.5.	Rekapitulace a srovnání použitých technologií.....	49
6.	Závěr	50
POUŽITÁ LITERATURA		51
Seznam obrázků		54
Seznam Tabulek		54
Seznam grafů.....		55
Přílohy.....		55

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE

Voda je nejrozšířenější sloučeninou na zemi a každá živá hmota se skládá převážně z vody. Voda se vyskytuje ve všech skupenstvích. Pro život člověka je voda rozhodujícím elementem. Bez vyřešení vodohospodářských poměrů není možný vývoj společnosti. Na dostatečném a kvalitním množství vody závisí nejen zdraví jedince, ale také jeho ekonomický rozvoj.[1]

Dnešní systém distribuce vody je velice komplexní obor. Jak po stránce technického řešení distribuce vody, tak i z pohledu materiálové rozmanitosti. Faktem ale zůstává skutečnost, že materiály mají omezenou dobu životnosti používání. Provozovatelé vodovodních, distribučních soustav provozují vodovodní řady s velice širokým spektrem stáří. Vodovodní řady, které mají stáří 40 – 60 let i více, jsou za dobou své životnosti a jsou zdrojem poruch a také zdrojem zhoršování kvality vody. Důvodem těchto havárií je jednak stáří potrubí, únava materiálu ale také tehdejší technologické postupy. Tato skutečnost rozhodla o volbě tématu mé bakalářské práce. Stavebně-montážní práce nelze provádět bez znalostí oboru a jejích souvislostí. V teoretické části se budu zabývat související legislativou, jednotlivými funkčními celky distribučního systému. V teoretické části se také budu věnovat rozboru bezvýtlačkových technologií. V praktické části tyto poznatky využiji k návrhu řešení rekonstrukce vodovodního řadu v Havířově-Šumbarku, ul. Na Parceli a ul. U Nádraží.

V bakalářské práci uvedu rozbor možných použitelných technologií a návrh typu a dimenze materiálu s ohledem na zajištění kontinuální, kvantitativní a hlavně kvalitní dodávky pitné vody pro obyvatele této lokality.

2. HISTORIE ZÁSOBOVÁNÍ VODOU

Lidská civilizace je nedílně spjata s výskytem vodních zdrojů v její blízkosti a jejím využívání. Vodní zdroje zajišťují a zajišťovali potravu obyvatelstvu nebo dopravu mezi sebou. Z těchto důvodů lidé osidlovali břehy řek a jezer. Z důvodů rozšiřování městské zástavby se dostupnost vody stávala stále více problematická pro obyvatelstvo nacházející se ve vzdálenějších městských částech.



Obrázek 1.Římský akvadukt [10]

Důležitým faktorem pro rozvoj vodárenství byla také osvěta hygienických návyků. Bakteriologickými rozbory bylo prokázáno, že vodou se ve středověku šířili epidemie cholery, tyfu, dětské obrny či jiná střevní onemocnění. S vývojem průmyslových technologií a lidských potřeb se začaly budovat sofistikovanější systémy zásobování obyvatel, průmyslu a zemědělství vodou. První zprávy o vodovodech jsou z Babylónie (2500 let před n. l.). Historické prameny také zmiňují vodovody z pálené hlíny na Krétě (1200 let před n. l.). K nejpozoruhodnějším stavbám starověku patří rozhodně



Obrázek 2.Litinové potrubí -zámek Versailles [14]

římské akvadukty. Na začátku 3. století n. l. byl Řím zásobován 11 hlavními vodovodními rozvaděči. Nejznámější římské vodovody jsou vodovod Aqua Appia v délce 16,6 km a Aqua Marcia (145 př. n. l.) v délce 91,6 km. Neodmyslitelně k římským vodovodům patří akvadukty, které ale tvořily jen 20% z celkové délky vodovodu. Při pohledu do historie narazíme také na Kartaginský akvadukt, který byl vystavěn v letech 138 až 117 před n. l. v délce 141 km. Jeho úkolem bylo přivést vodu do Kartága. [13]

Od 17. století našla uplatnění litina jako materiál pro výrobu vodovodních potrubí. Velmi známé je využití litiny pro výstavbu přívodu pitné vody pro zámecký komplex Versailles ve Francii (1664). Celková délka vodovodu byla 35 km. O velmi zdařilé stavbě svědčí skutečnost, že 80% tohoto potrubí je funkční dodnes. [5] [13]

V Čechách byl mezi prvními vodovody vybudován vodovod pro Strahovský klášter (1142). Roku 1333 byl vybudován vodovod z olověných trub pro Zbraslavský klášter. Oba tyto vodovody neplnily funkci veřejnou, nýbrž měly povahu čistě soukromou. Významný rozvoj veřejných vodovodů v Čechách a na Moravě nastává v 19. a zejména ve století 20. [5]

3. TEORETICKÁ ČÁST

3.1. LEGISLATIVA

K dosažení odborné úrovně studie je provedena rešerše platné legislativy z hlediska přípustnosti dle stavebního a vodního zákona a vyhlášek s nimi souvisejícími. Vodovody musí být navrženy a provedeny tak, aby bylo zabezpečeno dostatečné množství zdravotně nezávadné pitné vody pro veřejnou potřebu ve vymezeném území a aby byla zabezpečena nepřetržitá dodávka pitné vody pro odběratele. Je-li vodovod jediným zdrojem pro zásobování požární vodou, musí splňovat požadavky požární ochrany na zajištění odběru vody k hašení požáru, je-li to technicky možné.

Potrubí vodovodu pro veřejnou potřebu včetně jeho přípojek a na ně napojených vnitřních rozvodů nesmí být propojeno s vodovodním potrubím z jiného zdroje vody, než je vodovod pro veřejnou potřebu.

Vodovody musí být chráněny proti zamrznutí, poškození vnějšími vlivy, vnější a vnitřní korozi a proti vnikání škodlivých mikroorganismů, chemických a jiných látek zhoršujících kvalitu pitné vody.

Další technické požadavky na stavby vodovodů stanoví prováděcí právní předpisy, a to vyhl. 268/2009 Sb. novelizovaná vyhláškou 20/2012 Sb. o technických požadavcích na stavby, vyhláška 590/2002 Sb. novelizována vyhláškou 367/2005 Sb. o technických požadavcích pro vodní díla, a vyhláška 428/2001 Sb. novelizována vyhláškou 48/2014 Sb. k provedení zákona o vodovodech a kanalizacích.

3.1.1. Stavební zákon 183/2006 Sb. (novelizován zákonem č. 350/2012 Sb.)

Stavba

Stavební zákon (zák. č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů) dále jen „stavební zákon“ vymezuje, že stavbou se rozumí veškerá stavební díla, která vznikají stavební nebo montážní technologií, bez zřetele na jejich stavebně technickém provedení, použité stavební výrobky, materiály a konstrukce, na účel využití a dobu trvání. Dočasná stavba je stavba, u které je stavebním úřadem předem omezena doba jejího trvání. Za stavbu se považuje také výrobek plnící funkci stavby. [10]

Územní rozhodnutí

Rozhodnutí o umístění stavby vymezuje stavební pozemek, umísťuje navrhovanou stavbu, stanoví její druh a účel, podmínky pro její umístění, pro zpracování projektové dokumentace pro vydání stavebního povolení, pro ohlášení stavby a pro napojení na veřejnou dopravní a technickou infrastrukturu. [10]

Stavební povolení

Ve stavebním povolení stavební úřad stanoví podmínky podle § 115 stavebního zákona pro provedení stavby, a pokud je to třeba, i pro její užívání. Podmínkami zabezpečí ochranu veřejných zájmů a stanoví zejména návaznost na jiné podmiňující stavby a zařízení, dodržení obecných požadavků na výstavbu, včetně požadavků na bezbariérové užívání stavby, popřípadě technických norem. Podle potřeby stanoví, které fáze výstavby mu stavebník oznámí za účelem provedení kontrolních prohlídek stavby, může též stanovit, že stavbu lze užívat jen na základě kolaudačního souhlasu. [10]

Kolaudační souhlas

Stavba, jejíž vlastnosti nemohou její budoucí uživatelé ovlivnit, například nemocnice, škola, nájemní bytový dům, stavba pro obchod a průmysl, stavba pro shromažďování většího počtu osob, stavba dopravní a technické infrastruktury, stavba pro ubytování odsouzených a obviněných, dále stavba, u které bylo stanoveno provedení zkušebního provozu a změna stavby, která je kulturní památkou, může být užívána pouze na základě kolaudačního souhlasu. V daném případě je nutno předložit k žádosti o kolaudační souhlas vodního díla doklady, které jsou řešeny ve vyhlášce č. 432/2001Sb.(novelizované vyhl.č. 336/2011 Sb), § 7c. [10]

3.1.2. Zákon o vodách 254/2010 Sb. (novelizován zákonem č. 150/2010 Sb.)

Zákon o vodách č. 254/2001 Sb. definuje vodní hospodářství jako správu povrchových a podzemních vod, nakládání s nimi za účelem jejich využití, ochranou vod a vodních ekosystémů, zmírňování dopadů škodlivých účinků vod a extrémních hydrologických situací.

Ústředním vodoprávním orgánem dle tohoto zákona je Ministerstvo zemědělství, které plní tyto základní funkce [11] :

- zajišťuje správu vodních toků
- zajišťuje správu dopravních vodních toků a bystřin
- řídí vodohospodářské meliorace
- řídí systémy veřejných vodovodů
- řídí systém veřejných kanalizací
- odpovídá za dlouhodobou koncepci, základní a aplikovaný výzkum
- zajišťuje monitoring a informační systém
- plní funkci jediného akcionáře a.s. POVODÍ
- zajišťuje výkon státní správy ve vodním hospodářství
- uděluje povolení k provozování veřejných vodovodů a kanalizací
- reguluje cenovou politiku ve vodním hospodářství

Dle definice zákona o vodách č. 254/2001 Sb. jsou dalšími vodoprávními orgány :

- Ministerstvo životního prostředí
- Ministerstvo zdravotnictví
- Ministerstvo dopravy a spojů
- Ministerstvo obrany

V kompetenci vodoprávního úřadu je vydávání povolení, souhlasu nebo ohlášení ke stavbám vodních staveb. Při rekonstrukcích vodovodních a kanalizačních řadů vydává příslušný vodoprávní úřad ohlášení dle §15. [11]

3.1.3. Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu 274/2001 Sb.(novelizován zákonem č. 275/2013 Sb.)

Zákon 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích, dále jen „ZVaK“, definuje vztahy vznikající při rozvoji, výstavbě a provozu vodovodů a kanalizací sloužících veřejné potřebě, přípojek na ně napojené a také působnost orgánů územních samosprávných celků a správních úřadů. ZVaK definuje základní pojmy jako vodovod, kanalizace, vodovodní a kanalizační přípojka a jiné. ZVaK také určuje práva a povinnosti vlastníka vodovodu, práva a povinnosti

provozovatele a samozřejmě práva a povinnosti odběratele. Vyhláška , kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb. je vyhláška č. 428/2001Sb. Viněta některých § [9] :

- **§ 2**

Vodovod

Vodovod je provozně samostatný soubor staveb a zařízení, který zahrnuje vodovodní řady a vodárenské objekty. Tyto objekty slouží převážně k jímání a odběrů povrchové a podzemní vody, dále tyto vody upravují a shromažďují. Vodovod je vodním dílem. [9]

- **§ 3**

Vodovodní přípojky

ZVaK uvádí, že na vodovod jsou připojeny vodovodní přípojky. Tyto přípojky jsou samostatnou stavbou tvořenou úsekem potrubí od odbočení z vodovodního řadu k vodoměru, pokud není vodoměr, pak k vnitřnímu uzávěru připojeného pozemku nebo stavby. Odbočení s uzávěrem je součástí vodovodu. Vodovodní přípojka není vodním dílem. K jejímu zřízení tak není třeba úkonu vodoprávního úřadu – je obecnou stavbou, která nevyžaduje povolení ani ohlášení ve smyslu § 103 odst. 1 písm. e) bod 10. Stavebního zákona. K jejímu umístění tak postačí územní souhlas viz. § 96 odst. 2 písm. a) vodního zákona. Současně zákon upravuje, kdo je vlastníkem vodovodní přípojky. Je to vlastník pozemku nebo stavby připojené na vodovod. [9]

- **§ 6**

Provozování vodovodu

Zákon upravuje provozování vodovodů. Jedná se o souhrn činností, kterými se zajišťuje dodávka pitné vody. Zejména jde o dodržování technologických postupů při odběru, úpravě a dopravě pitné vody včetně manipulací, dodržování provozních nebo manipulačních řádů, vedení provozní dokumentace, provozní a fakturační měření, dohled nad provozuschopností vodovodů a také příprava podkladů pro výpočet ceny pro vodné a stočné a další související. Z hledisek budoucího fungování řešeného vodovodu je třeba zdůraznit, že provozovat vodovod může výhradně osoba s příslušným oprávněním. [9]

- **§ 8**

Práva a povinnosti vlastníka

V tomto paragrafu mimo jiné ZVaK konstatuje , že vlastník vodovodu je povinen umožnit připojení na vodovod a dodávat pitnou vodu, pokud to umožní kapacitní a technické možnosti zařízení. Připojení a uzavření smlouvy a dodávce pitné vody nesmí být podmíněno vyžádáním finančního nebo jiného plnění. [9]

- **§ 9**

Práva a povinnosti provozovatele

Zásah do vodovodu může provést provozovatel pouze se souhlasem vlastníka. Provozovatel je oprávněn přerušit nebo omezit dodávku vody bez předchozího upozornění jen v případech živelné pohromy, při havárii vodovodu, vodovodní přípojky nebo při možném ohrožení zdraví lidí nebo majetku. Přerušeni nebo omezení dodávky vody je provozovatel povinen bezprostředně oznámit územně příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví, vodoprávnímu úřadu, nemocnicím, operačnímu středisku hasičského záchranného sboru kraje a dotčeným obcím. Tato povinnost se nevztahuje na přerušeni nebo omezení dodávky vody pouze havárií vodovodní přípojky. [9]

- **§ 11**

Způsob navrženi a provedeni vodovodu

ZVaK upravuje obecné technické požadavky na výstavbu vodovodu a na jakost vody. Vodovody musí být navrženy tak, aby bylo zabezpečeno dostatečné množství zdravotně nezávadné pitné vody pro veřejnou potřebu ve vymezeném území, a aby byla zabezpečena nepřetržitá dodávka pitné vody pro odběratele. Je-li vodovod jediným zdrojem pro zásobování požární vodou, musí splňovat požadavky požární ochrany na zajištění vody k hašení požáru. [9]

- **§ 23**

Ochranná pásma vodovodních řadů

K ochraně před poškozením vodovodních řadů se vymezují ochranná pásma. Ochrannými pásmy se rozumí prostor v bezprostřední blízkosti vodovodních řadů určený k zajištění jejich provozuschopnosti. Vlastník vodovodu je povinen dle § 23 ZVaK na žádost poskytnout informaci žadateli o možném střetu jeho záměru s ochranným pásmem vodovodního řadu. [9]

3.2. Zásobování spotřebišť vodou

Vodovod je soubor staveb a zařízení, mezi které patří vodovodní řady a vodárenské objekty. Mezi tyto stavby a objekty řadíme:

- stavby pro jímání a odběr povrchové nebo podzemní vody
- vodní zdroje (voda povrchová, podzemní)
- čerpací stanice
- úpravny vody
- vodojemy
- přiváděcí , zásobovací, rozváděcí řady [2]

3.3. Základní rozdělení vodovodů

3.3.1. Podle rozsahu působení

- **vodovody místní**

Lze je charakterizovat jako technicky jednoduchá zařízení, která umožňují zásobování obce nebo města z jednoho zdroje. Převážně jsou budovány jako gravitační .

- **vodovody skupinové**

Charakteristickým znakem je zásobování několika spotřebišť (obcí, měst) z jednoho nebo více vodních zdrojů. Voda je dopravována jak gravitačně, tak i čerpáním a vodovody lze navrhovat s jedním centrálním vodojemem nebo s několika vodojemy.

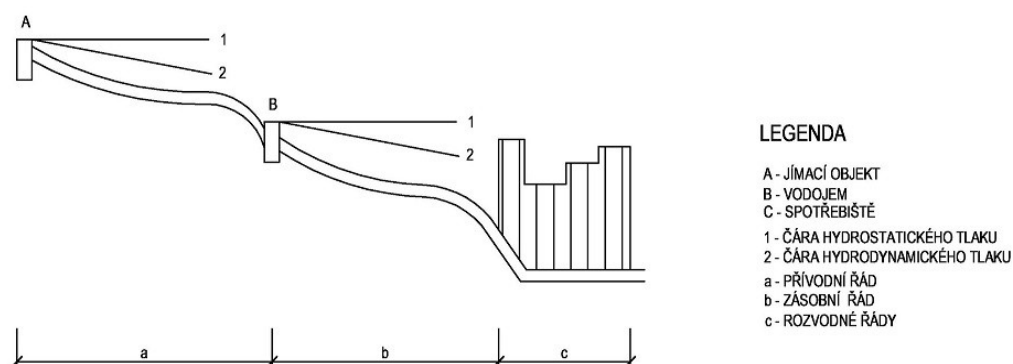
- **vodovody oblastní**

Jedná se o vodovody, které jsou zásobovány z jednoho strategického vodního zdroje, který zásobuje velké množství spotřebišť (spadající do několika oblastí nebo krajů). [2]

3.3.2. Rozdělení vodovodu dle výškového uspořádání

- **gravitační vodovod**

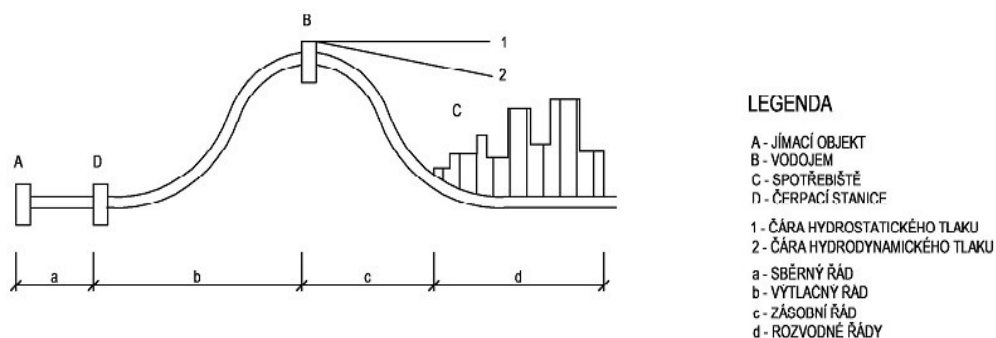
Tento typ uspořádání vodovodu je nejrozšířenější a také z ekonomického hlediska je velice výhodnou variantou. Podmínkou je zachování hydrodynamického přetlaku 0,25 MPa při zástavbě nad 2. nadzemní podlaží bez nutnosti čerpání.



Obrázek 3. gravitační vodovod [25]

- **výtlačný vodovod**

Navrhuje se tehdy, kdy vodní zdroj vůči spotřebišti leží níže nebo ve stejné výškové úrovni. Gravitační varianta dopravy vody není možná, protože nezajistí potřebný tlak pro odběratele.[2]



Obrázek 4. výtlačný vodovod [25]

3.3.3. Rozdělení vodovodu dle účelu

- vodovody pro hromadné zásobování pitnou vodou,
- průmyslové vodovody
- požární vodovody [2]

3.4. Akumulace vody- VODOJEMY

Vodojemy jsou vodohospodářské objekty, které slouží k akumulaci vody. Hlavní funkce vodojemu jsou:

- vyrovnávání rozdílu mezi rovnoměrným přítokem do vodojemu a nerovnoměrným odtokem z vodojemu do spotřebiště,
- zajištění maximálního hydrostatického přetlaku 0,6 MPa
- zajištění minimálního hydrodynamického přetlaku 0,25 MPa (resp. 0,15 MPa)
- zajištění potřebného množství vody pro požární účely a pro případy havárie, odstávky, mimořádných stavů apod. [1] [2]

3.4.1. Rozdělení vodojemů podle účelu

- **vodojem zásobní**

Funkce vodojemu je akumulační, vyrovnávací a tlaková

- **vodojem hlavní**

Výškovým umístěním tlakově ovládá podřízené zásobní vodojemy

- **vodojem přerušovací (pásmový)**

Použití při velkých výškových rozdílech mezi nejvyšším a nejnižším místem spotřebiště, kde by nebyla dodržena podmínka maximálního přetlaku 0,6 MPa (výjimečně 0,7 MPa). Vybudováním vodojemu dojde k přerušení hydrostatického tlaku a spotřebiště se rozdělí na 2 tlaková pásma.

- **vodojem vyrovnávací**

Používá se při nepříznivých konfiguracích terénu, kdy zásobní vodojem nezajistí potřebný minimální hydrodynamický přetlak. Při nízkých odběrech plní zásobní vodojem vyrovnávací funkci a při zvýšených odběrech oba vodojemy spolupracují. [1][2]

- **vodojem požární**

3.4.2. Rozdělení podle umístění

- vodojem čelní
- vodojem ve spotřebišti
- vodojem koncový

3.4.3. Rozdělení podle konstrukce

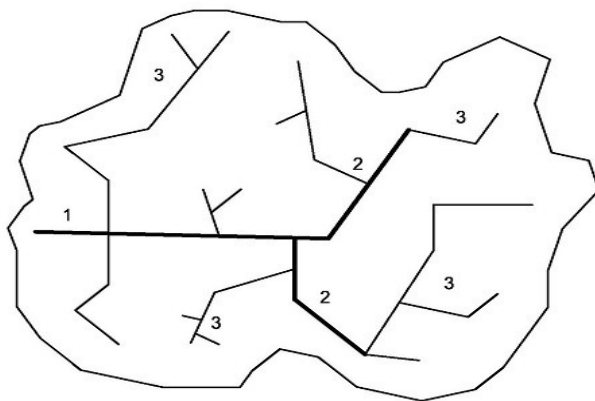
- **vodojemy zemní**
 - monolitické, železobetonové, válcového tvaru
 - monolitické, železobetonové, pravoúhlého tvaru
- **vodojemy nadzemní**
 - věžové vodojemy s ocelovými nádržemi
 - věžové vodojemy – železobetonové
 - komínové vodojemy [1][2]

3.5. Rozvodné vodovodní síť

Rozvodné sítě jsou soustavy vodovodních řadů, které mají přímou vazbu na konkrétní spotřebišť. Základní členění sítí jsou:

- **větvená síť**

Uspořádání řadu je ve tvaru rozvětveného stromu, kde se hlavní zásobovací řad postupně dělí. Jednotlivé větve nejsou zokruhovány.



- 1. zásobní řad
- 2. hlavní rozvodný řad
- 3. rozvodný řad

Obrázek 5. větvená vodovodní síť [25]

výhody:

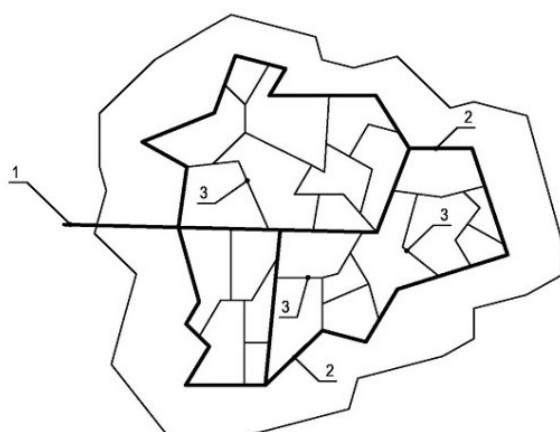
nízké investiční náklady, jednoduché provozování, jednoznačné průtokové a tlakové poměry.

nevýhody:

voda je přiváděna ze zdroje jen jedním směrem a to má dopad na plynulost zásobování během opravy poruchy, zhoršená jakost vody v koncových bodech z důvodů stagnace vody v potrubí.

- **okruhová síť**

Uspořádání řadu je takové, že jednotlivé větve vodovodních řadu jsou vzájemně propojeny. Používá se u větších spotřebišť, kde je zokruhování vod. řadů ekonomicky a provozně účelné.



Obrázek 6. Okruhová vodovodní síť [25]

výhody:

Tlakové poměry v síti jsou vyrovnané (nárazové odběry jsou plněny ze dvou či více stran), voda je dodávána ke spotřebiteli ze dvou stran a tím se snižuje dopad poruchovosti na plynulost zásobování, jakost vody je z důvodu cirkulace neměnná.

nevýhody:

Vyšší pořizovací náklady, náročnější navrhování a výpočet sítě.

- **kombinovaná síť**

Jedná se o kombinaci okruhové a větvené sítě, kde okruhová síť se doplňuje větvenou sítí v okrajových částech spotřebišť – nejčastější případ. [2]

3.6. KOLEKTORY

Kolektor je průchozí podzemní liniová stavba, sloužící k ukládání trubních nebo kabelových inženýrských sítí. Požadavky na údržbu a opravy stále většího množství vedení různorodých inženýrských sítí v zastavěných oblastech představují stále rozsáhlejší zásahy do života města a jeho dopravní a společenské infrastruktury. Alternativou ke klasické pokládce inženýrských sítí je výstavba kolektorů nebo technických chodeb v zastavěném území. Kolektory řeší problém zvětšeného počtu podzemních vedení, jejich údržby a oprav. Kolektorová vedení mohou být budována z povrchu v otevřených výkopech nebo jako ražené štoly hornickým způsobem. Materiálem používaným k výstavbě kolektorů je monolitický beton a železobeton (prefabrikovaný). Podpěrné konstrukce pro uložení potrubí jsou převážně ocelové výložníky, zakotvené do podlahy, stěn nebo stropu. Rošty uchycené na podpěrách slouží jako úložná zařízení pro kabelové vedení. [7]

Rozdělení kolektorů dle dimenze a významu vedení technického vybavení:

- **primární / koridorové**
- **sekundární /distribuční**

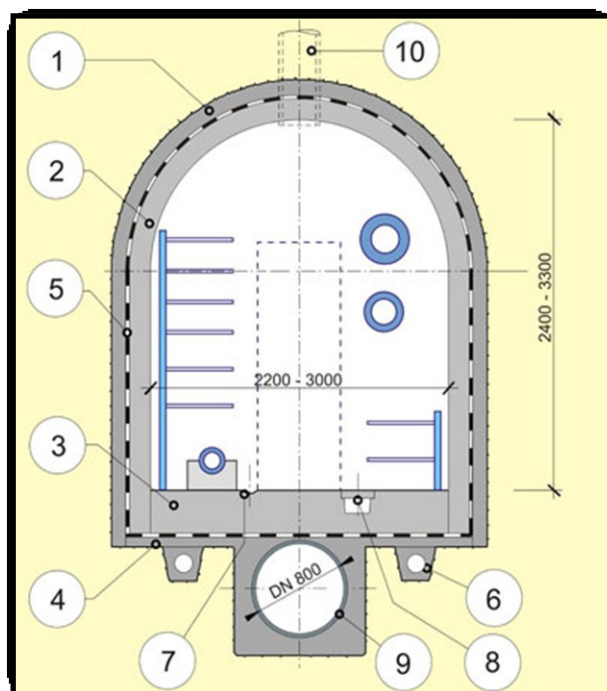
Kolektor se skládá z těchto částí :

- Stavební část-tj. kanál, šachty, větrací a montážní zařízení, vodotěsné izolace, odvodnění
- Vedení technického vybavení
 - vodovodní potrubí
 - parovodní potrubí
 - horkovodní potrubí
 - potrubí zemního plynu a svítiplynu
 - kabely pro rozvod el. energie
 - sdělovací, telekomunikační kabely
 - rozvody kab. televize a internetu
 - kanalizační potrubí
 - plynovod (jen do přetlaku 0,4 MPa)

Údržba kolektorové sítě se řídí Provozním řádem kolektoru. Provozní řád řeší problematiku související se zajištěním provozuschopnosti a bezpečnosti kolektoru. Provádění údržby je nastaveno s ohledem na umístěná zařízení a technologie, v souladu s technickými podmínkami jejich provozu. Kontrolní činnost v kolektoru spočívá ve vizuální fyzické kontrole kolektorové stavby. V případě zjištění závady na uložených inženýrských sítích jsou neprodleně informováni zástupci správce a vlastníka předmětného zařízení. [7]



Obrázek 8. snímek autora, kolektor Havířov-Šumbark



Obrázek 7. Příčný řez sekundárním kolektorem

1. primární ostění, 2. Sekundární ostění vyztužené ocelovou sítí, 3. Železobeton B25, 4. Prostý beton B15, 5. vodotěsná izolace, 6. Drén DN 80, 7. Odvodňovací žlábek, 8. Kabelový kanálek, 9. Stoka, 10. Chránička pro čištění kanalizace [16]

3.7. Trubní materiál

3.7.1. Kovový

- **ocel** – ocelové trouby se pro dopravu vody využívají hlavně pro přiváděcí a zásobovací řady (světlost nad 400 mm), kde je dosahováno vysokého zatížení a provozního tlaku (PN >10).

Ocel vykazuje výborné mechanické vlastnosti, vysoká pevnost, pružnost, houževnatost, odolnost proti únavě. V současné době ustupují ocelové trouby jiným trubním materiálům. Přesto jsou ocelové trouby ve specifických podmínkách a pro větší profily stále využívány.

výhody: odolnost vůči vodním rázům,

Nevýhody: citlivost na korozi, ocel vyžaduje vnější i vnitřní ochranu.

- **litina šedá (GG)** – patří k nejpoužívanějším trubním materiálům. V současné době je nahrazována tvárnou litinou. Šedá litina je slitina železa a uhlíku s dalšími prvky: křemíkem, manganem, fosforem, sírou. Obsah uhlíku je obvykle 2,5 až 3,5 %.

výhody: odolnost proti korozi, odolnost proti otěru,

nevýhody: křehkost, malá pevnost v tahu což způsobuje malou odolnost trub proti nerovnoměrnému venkovnímu zatížení. [1][2]

- **tvárná litina (GGG)** – příznivé mechanické vlastnosti tvárné litiny podstatně zvyšují provozní možnosti vodovodních řadů a jejich spolehlivost. Tvárná litina je slitina železa s uhlíkem a dalšími prvky, v níž je uhlík přítomen především ve formě kuličkových částic grafitu. Forma grafitu u tvárné litiny je ovlivněna modifikací taveniny hořčíkem 0,04 až 0,08 %. Od šedé litiny se liší hlavně tvarem grafitových částic. Úprava tekutého železa hořčíkem způsobuje, že při tuhnutí krystalizuje uhlík v převážné míře ve tvaru kuliček. Důsledkem je výrazné zvýšení pevnosti a tažnosti oproti klasické šedé litině. Trouby a tvarovky z tvárné litiny jsou z hlediska statiky považovány za ohybově měkké nebo flexibilní. Výrobní program výrobců trub z tvárné litiny obsahuje trubky s vnitřní ochranou(cementová nebo epoxidová vystélka),vnější ochranou(tepelná izolace, zinkový povlak, zinko- hliníkový povlak, zinkový povlak s krycí PUR vrstvou)

výhody: odolnost proti korozi, odolnost proti otěru, schopnost tlumit chvění, pevnost v tahu, odolnost proti nárazům, prodloužení životnosti, vysoká mez pružnosti.

Tvárnou litinu lze doporučit pro rozvodné řady vodovodní sítě, zejména s nestabilním půdním podložím nebo pro výtlačné řady s vysokými provozními tlaky. [1][2]

3.7.2. Nekovový

- **PVC** – trouby jsou vyráběny z polyvinylchloridu, který neobsahuje změkčovadla.

výhody: Nízká hmotnost zaručuje rychlejší a bezpečnější montážní práce, absolutní odolnost proti korozi, vysoká tepelná roztažnost (10x více než kovový materiál),

nevýhody: je citlivý na špatné provedení pokládky (poškození nárazem, nestabilní podloží půdy), při dlouhodobém skladování na slunci dochází ke snížení pevnosti vlivem působení UV záření. [1][2]

- **PE** – Polyetylén patří mezi nejstarší polymery, užívané pro výrobu trubek (od padesátých let). Postupy jeho výroby se časem měnily a s nimi došlo i k postupnému zdokonalování materiálu.

Starším vývojovým stupněm je takzvaný rozvětvený (nízkohustotní) polyetylén (používané zkratky jsou LDPE, rPE). Z dnešního pohledu je rPE jako trubní materiál dávno překonán. Trubky pro větší tlak musely mít velmi tlusté stěny.

Novější typ je takzvaný lineární (vysokohustotní) PE (používané zkratky jsou HDPE, LPE) s řetězcí bez větvení. Na trhu se objevuje ve dvou typech - PE 80 a PE 100.

výhody : viz. PVC, možnost dodávky v návinech po 100 m. Ohebnost umožňuje kopírování trasy často i bez nutnosti použití tvarovek. [1][2]

- **azbestocementové potrubí** - bylo vyráběno ze směsi cementového mléka, azbestu a plstěného pásu. K výhodám tohoto materiálu patřila nízká drsnost, odolnost proti korozi a menší hmotnost. Od roku 1984 je azbest v České republice zařazen mezi prokázané karcinogeny a proto se azbestocementové potrubí již nepoužívá. Provoz azbestocementových trub není považován za zdroj zdravotního rizika pro odběratele, problematické jsou opravy havárií, demontáže potrubí a jejich následná likvidace. [1][2]

4. BEZVÝKOPOVÉ TECHNOLOGIE

4.1. Úvod do problematiky bezvýkopové technologie

Stále přetrvává názor u odborné veřejnosti, že bezvýkopové technologie jsou nákladná řešení a proto se aplikují jen v těch případech, kdy rekonstrukce popřípadě opravy v otevřeném výkopu není možné provést. Standardní metoda výkopových prací je v tuzemských podmínkách používána přibližně z 85% všech prováděných oprav. Dosud provozovanou praxí, kdy byla nová trubní vedení pokládána v souběhu se starými, která zůstala ponechána v zemi v původních trasách, dochází k hromadění používaných i odstavených trubních vedení v zemi. V některých místech výkopu bývá velmi obtížné lokalizovat funkční vedení od nefunkčního a je také obtížné lokálně opravovat vznikající závady nebo provádět rekonstrukce celých trubních vedení. V městech houstne doprava a dopravní omezení spojené s rekonstrukcemi nebo opravami klasickým způsobem v otevřeném výkopu jsou nežádoucí. V některých městech je rovněž nežádoucí zásah do městské zeleně. Klasická metoda v otevřeném výkopu bývá zpravidla efektivnější při realizaci sanace v extravilánech a v lokalitách s nepevnými povrchy, tam kde nedochází ke konfliktu se stávajícími inženýrskými sítěmi a provozem na komunikacích. [3][4]

Bezvýkopová technologie je ve vyspělých státech progresivní oborem. Inovace, výzkum či studie jsou podporovány vládními organizacemi. Průzkum provedený v roce 2002 agenturou pro ochranu životního prostředí Spojených států (*U.S. Environmental Protection Agency*) konstatoval nutnost investovat 138 mld. \$ do údržby a náhrady stávajících vodovodních a kanalizačních systémů v průběhu 20 let. Průzkum odhaduje, že 77 miliard dolarů bude investováno na opravu a rekonstrukci potrubí. Ve studii nazvané: „*Costs for Water Supply Distribution System Rehabilitation*“ autoři seznamují odbornou veřejnost s typy technologií, které mohou být použity na obnovu a opravy distribučních systémů, reprezentativní náklady, které mohou být použity k odhadu velikosti nákladů. [26]

Za účelem srovnání klasické technologie otevřeným výkopem a bezvýkopových technologií vznikla v roce 2004 studie pod názvem: „*Trenchless Installations Preserve Pavement Integrity*“. Autoři studie zde srovnávají dopady pokládky potrubí horizontálním vrtáním a konvenční, otevřené pokládky na životnost a kvalitu vozovky. Vypracovaná práce také analyzuje materiál HDPE o průměru DN 200 během pokládky a v provozu položený těmito metodami pod vozovkou. V rámci studie byl vybudován testovací úsek o délce 27 m a

šířce 8 m. Každé testovací potrubí bylo vybaveno čidly teploty, čidly měřící třecí síly při pokládce, horizontálními a vertikálními čidly měřící změny uložení při provozování potrubí a čidla měřící deformaci potrubí. Autoři studie konstatují, že použití horizontálního vrtání nemělo vliv na technické parametry použitého polyetylénu a také na kvalitu provozem zatížené vozovky. Studie dokazuje nezávadnost metody horizontálního vrtání a použití HDPE potrubí jako materiálu pro bezvýkopové technologie. [18]

Pro výběr konkrétní technologie je důležité zajistit zejména:

- kvalitní geologický a hydrogeologický průzkum (znalost výšky hladiny pozemní vody),
- informace o stavu potrubí, jeho koroze, stáří potrubí, poruchovost potrubí,
- informace o potřebném provozním tlaku, údaje o délce sanovaného potrubí, údaje o křížení a souběhu s ostatními inženýrskými sítěmi, údaje o přípojkách a jejich poloze, geodetické podklady (úhly lomu potrubí – lomy trasy – lomy nivelity). [3][4]

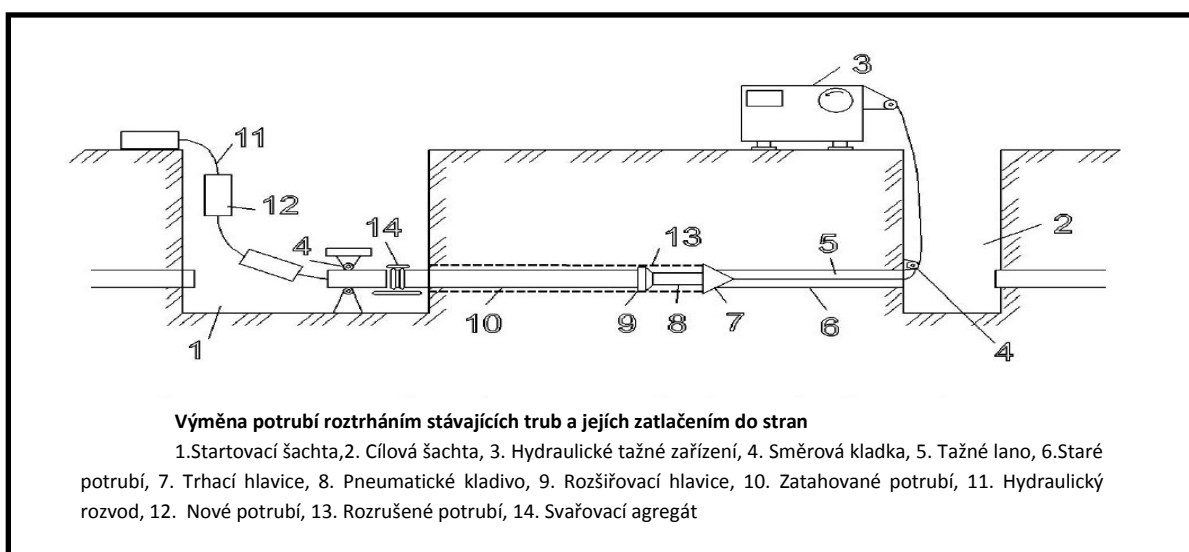
4.2. Historický vývoj

Obor bezvýkopových technologií je z historického hlediska jeden z nejmladších stavebních oborů. Ve světovém měřítku můžeme pozorovat první bezvýkopové pokusy již v období mezi světovými válkami. V tuzemských podmínkách se začaly používat tyto technologie počátkem 90. let minulého století. Horizontální vrtání bylo prvotně používáno k protlačení potrubí kratších úseků pod dálnice, silnice, železnice, vodní toky a tam, kde tradiční otevřené metody měly za následek významné narušení provozu nebo životního prostředí. [3]

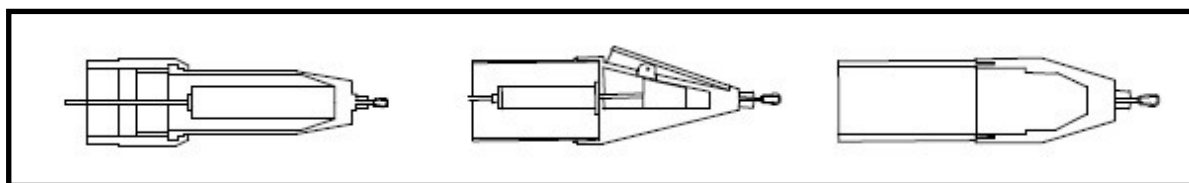
4.3. Rozdělení bezvýkopových technologií

4.3.1. Bezvýkopová technologie pro opravu či obnovu s odstraněním starých (původních) potrubí

- roztrháváním
- roztlačováním
- vytahováním
- vytlačováním



Obrázek 9. Výměna potrubí roztrháním stávajících trub a jejich zatlačením do stran [4]



Obrázek 10. Rošiřovací hlavice [17]

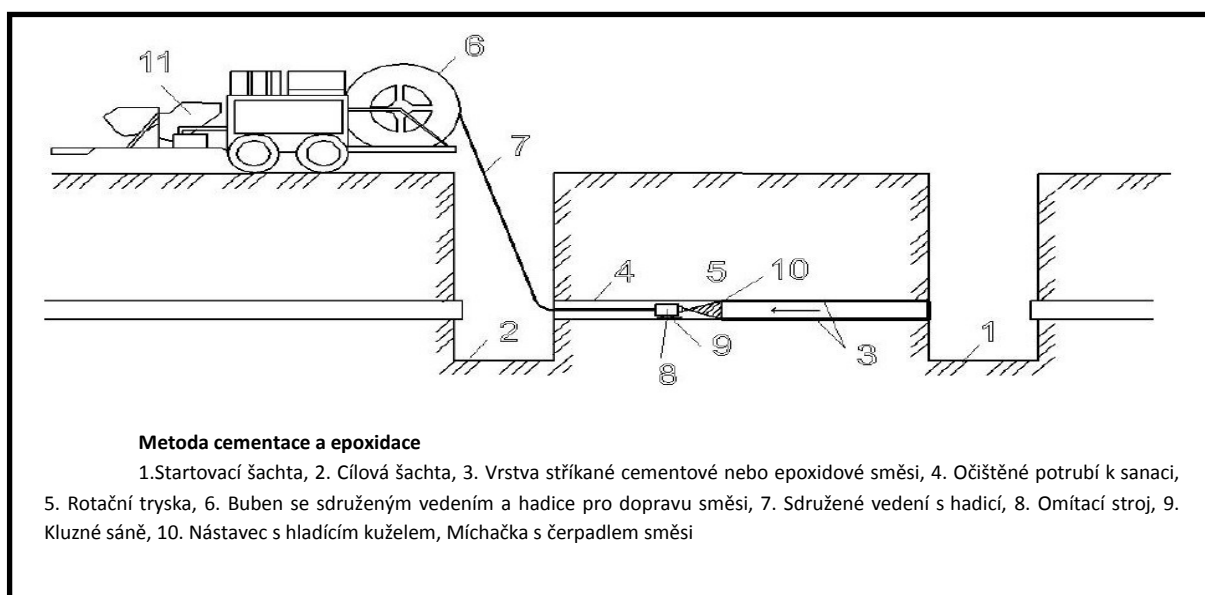
Popis technologie:

Výměna stávajícího potrubí a jeho náhrada novým potrubím stejného nebo většího profilu. Tažná síla je vyvíjena vrátkem a přenášena prostřednictvím tažného lana. Tlaková síla je vyvíjena hydraulickým, nebo pneumatickým zařízením a přenášena prostřednictvím montovaných tyčí. Další možností je využití statické síly, kdy je využita tahová síla a rozrážecí hlavice je tažena od cílové jámy. Vlastním nástrojem je trhací či i rozšiřovací

hlavice s řezným nožem nebo vytlačovací hlava. Současně s roztrháním/roztlačením původního potrubí je zatahováno nové potrubí či chránička. V případě vytlačování původního potrubí je nové potrubí současně ve stejném směru od startovací jámy k cílové jámě, vtahováno do prostoru uvolněného po původním potrubí. Délka obnovovaného úseku je závislá na velikosti DN. Prostor v okolí startovací a cílové jámy musí umožnit umístění a manipulaci technologických zařízení, pohyb a manipulaci nákladního automobilu s hydraulickou rukou. Při výstavbě a pažení startovacích a cílových jam je nutné postupovat dle ČSN 73 61 33 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [3][4][17] [24]

4.3.2. Bezvýkopová technologie pro opravu či obnovu při zachování konstrukce starého (původního) potrubí

- vytvořením nových vnitřních povrchů trubek/trub
- aplikací vrstvy na vnitřní povrch trub/trubek strojním nástřikem
- aplikací vrstvy cementové malty
- aplikací vrstvy z pryskyřice či jiné vhodné hmoty
- aplikací vrstvy na vnitřní povrch trub/trubek nanášením nátěru, omítáním, obkládáním, obezdíváním, apod.



Obrázek 11. Metoda cementace a epoxidace [4]

Popis technologie:

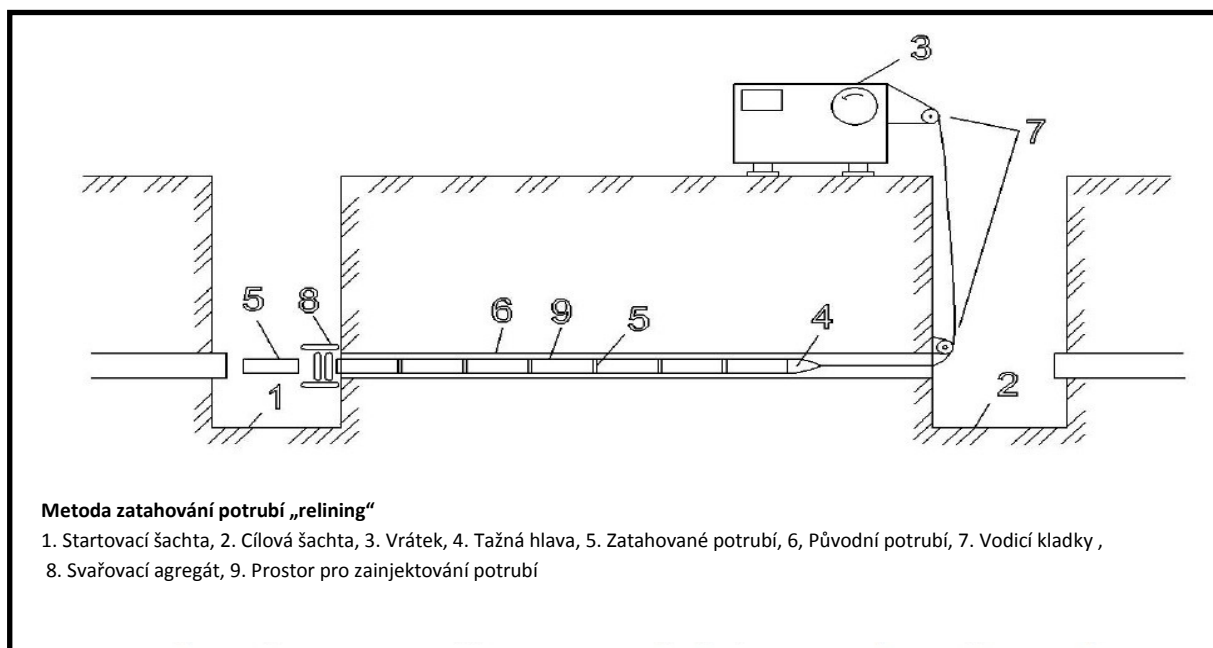
Jedná se o aplikaci vrstvy na vnitřním očištěném povrchu potrubí strojním nástřikem za účelem zajištění protikorozi ochrany jeho vnitřního povrchu. Při cementaci jde o aplikaci nástřikem cementové malty rotující hlavou. Cementace je vhodné použít při snižování celkového množství železa (nad 7mg/l), které způsobuje např. předimenzování potrubí. Při epoxidaci jde o nástřik dvoukomponentních epoxidových pryskyřic. [3][4]

Používaný materiál nového potrubí:

Jde o speciální cementové malty či o dvousložkové epoxidové pryskyřice, které musí mít po aplikaci dobré mechanické a chemické vlastnosti (dostatečnou odolnost, hygienický atest). Důležitá je také rychlost tuhnutí, tvrdnutí a rychlost vytvrzení. Rozsah použití jak pro cementaci, tak pro epoxidaci je od DN 80 do DN 2000. Předpokladem úspěchu je, že vrstva cementové malty či epoxidové pryskyřice se dokonale spojí s dostatečně očištěným povrchem původního potrubí. Délka obnovovaného úseku potrubí je závislá především na parametrech použitého technologického zařízení a na DN obnovovaného úseku potrubí. Metoda je vhodná pro větší profily potrubí (od DN 200) a tam, kde jde o přímé potrubí úseky bez vřazených armatur a odbočných tvarovek. Při výstavbě a pažení startovacích a cílových jam je nutné postupovat dle ČSN 73 61 33 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [3][4][24]

4.3.3. Bezvýkopová technologie s užitím nových speciálních konstrukčních prvků aplikovaných do původních potrubních řadů

- s užitím nových konstrukčních prvků vyrobených průmyslově:
- volným kontinuálním zatahováním nových potrubí
- volným přerušovaným zatahováním jednotlivých trub/trubek normativních délek, postupně před aplikací spojovaných, do původních potrubí, přebírajících při aplikaci funkci chráničky (relining)



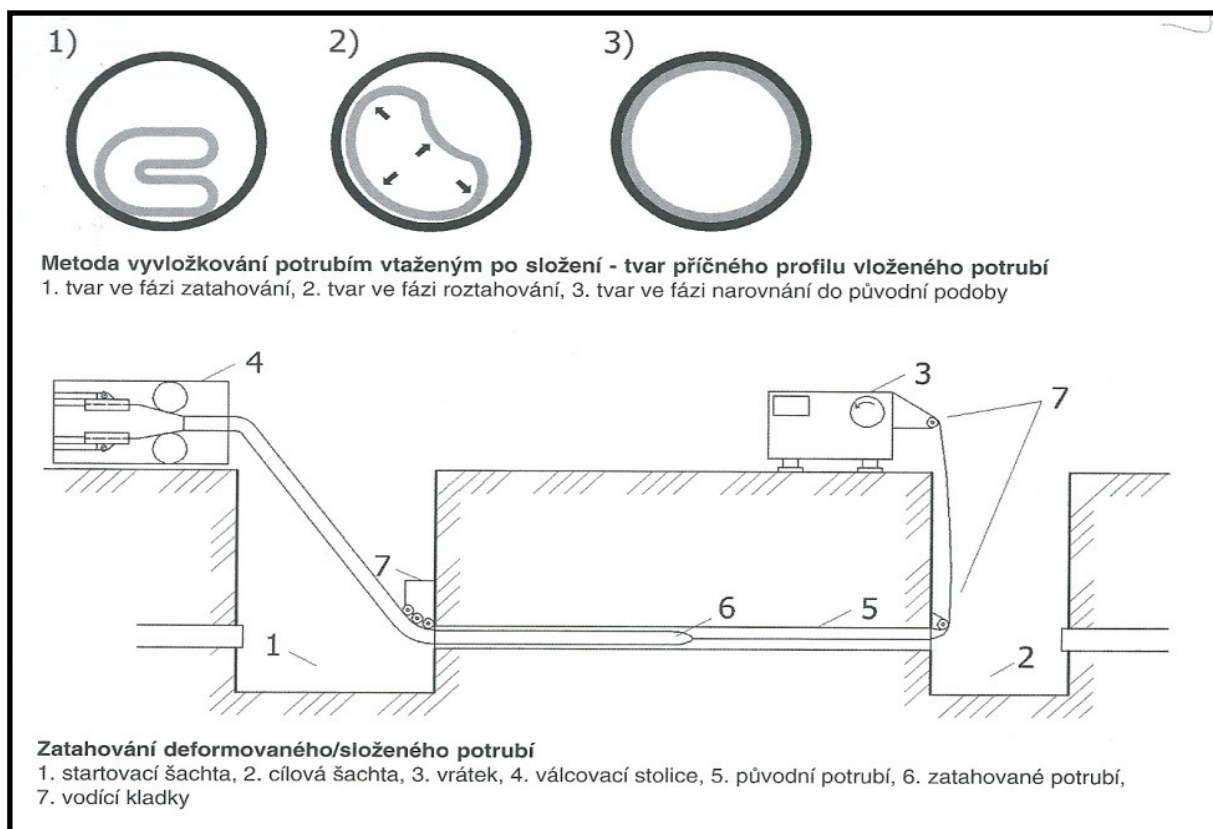
Obrázek 12. Metoda vyložkování zatahování potrubí/relining [4]

Popis technologie:

Při opravě a obnově potrubí metodou relining se zatahuje nové potrubí menší světlosti do stávajícího řádu. Mohou se zatahovat krátké trouby/trubky v délce 0,5- 1 m, které se spojují v šachtě speciálními spojkami, nebo se svařují jednotlivé trouby/trubky ve startovací jámě, další variantou je zatáhnout na povrchu svařované potrubí do celého obnovovaného úseku. Před zatahováním se stávající potrubí důkladně vyčistí pro zlepšení jeho průchodnosti a prohlédne televizní kamerou. Po vyhodnocení průzkumu je u cílové jámy umístěn zatahovací stroj (vrátek), s jehož pomocí a prostřednictvím tažné hlavy se lanem ze startovací jámy zatáhne potrubí do celého úseku. Mezi stávajícím vedením a novým potrubím vzniká mezikruží. Potřebnou souosost nové trubky se zajistí pomocí distančních kroužků, které se zatahují současně se zatahovanou trubkou nebo po zatažení do vzniklého mezikruží. Startovací a cílové jámy mohou mít úsporné minimální rozměry. Prostor v okolí jam či šachet musí umožnit umístění a manipulaci technologických zařízení a přepravních prostředků. Při výstavbě a pažení startovacích a cílových jam je nutné postupovat dle ČSN 73 61 33 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [3][4] [24]

Používaný materiál a DN: HDPE DN 50 a více ; GGG DN 80 a více

4.3.4. Bezvýkopová technologie vyvložkováním těsně přiléhajícími troubami



Obrázek 13. Zatahování deformovaného potrubí [3]

Popis technologie:

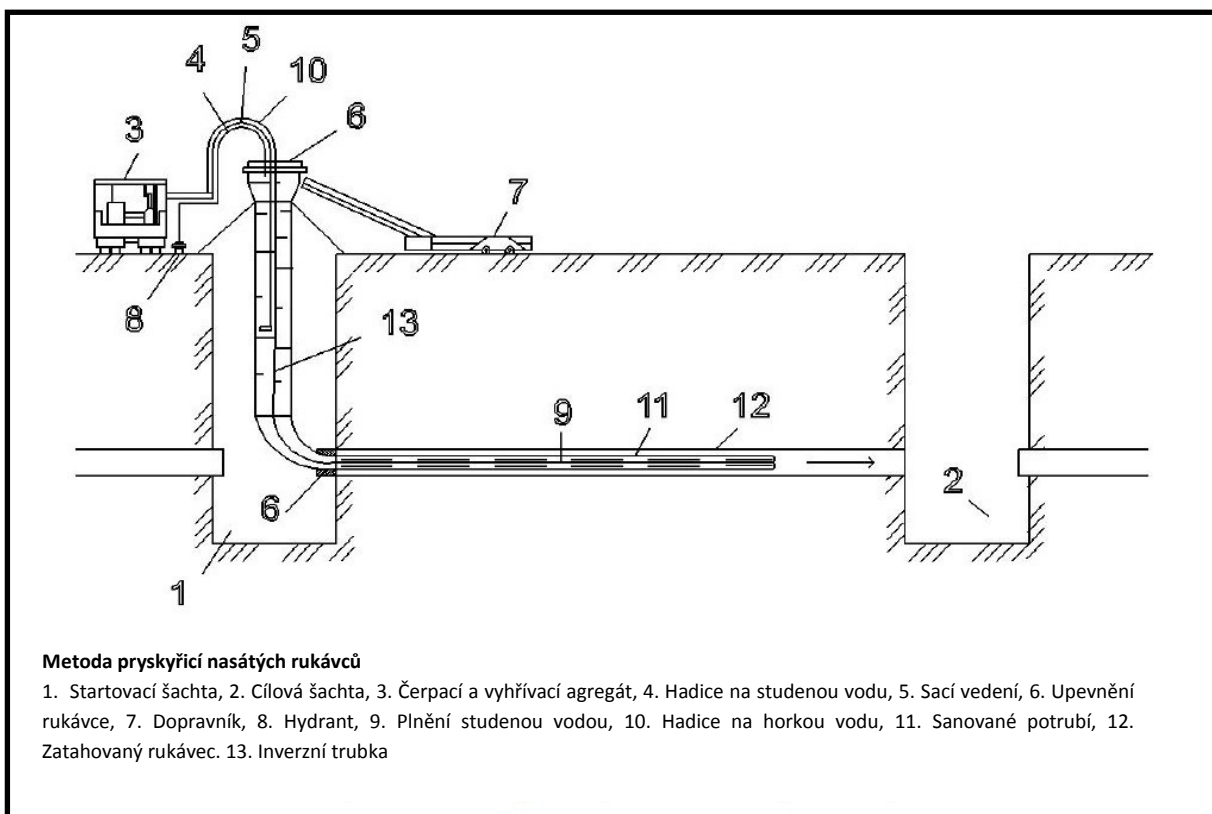
Do stávajícího potrubí je zataženo potrubí HDPE, které je pro snazší zatažení zmenšen příčný profil o cca 10 %. Příčný profil je zmenšen buď termicko-mechanickým postupem, nebo mechanickým postupem přes válcovací stolici. Zatahované potrubí je zatavované v takové míře deformace, kdy si zachovává schopnost návratu do původního tvaru zpětným přeformátováním (vyvoláním vnitřního přetlaku, nebo natlakováním vodou). Prostor v okolí startovacích a cílových jam musí umožnit umístění a manipulaci technologických zařízení. Omezující podmínkou není hluk ani vibrace, ale počasí. Použití BT při teplotě 5°C je rizikové. Při výstavbě a pažení startovacích a cílových jam je nutné postupovat dle ČSN 73 61 33 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [3][4] [24]

Použitý materiál a DN: HDPE SDR 11 DN 50 – DN 400

(např. výrobce WAVIN s produktovou řadou „COMPACT PIPE“) [15]

4.3.4. Bezvýkopová technologie s užitím nových konstrukčních prvků finálně vyrobených na stavbě

- vyvložkováním troubami/trubkami vytvrzovanými na místě (s využitím speciálních pryskyřicí nasátých rukávců)



Obrázek 14. Metoda pryskyřicí nasátých rukávců [4]

Popis technologie:

Obnova potrubí spočívá v zatažení pryskyřicí naimpregnovaného textilního rukávce do vyčištěného potrubí. BT je vhodná pro rekonstrukci nebo opravu kanalizačních sítí. Tloušťka stěny se určuje výpočtem dle konkrétních podmínek (hladina spodní vody, stupeň poškození potrubí, tvar příčného profilu atd.). Pro správnou statickou funkci výrobci udávají min. tloušťku rukávce 30 mm. Textilní rukávce je z výroby vakuově nasycen pryskyřicí a je složen po vrstvách. Musí být skladován v suchu a chladu, aby nedošlo k procesu vytvrzování. Prostřednictvím revizních (vstupních) šachtic a zaváděcího rukávce je tento naimpregnovaný rukávce zaváděn účinkem vodního sloupce či stlačeného vzduchu. Proces vytvrzování se děje nejčastěji pomocí cirkulace teplé vody či páry. Prostor v okolí startovacích a cílových jam musí umožnit umístění a manipulaci technologických zařízení. Omezující podmínkou je

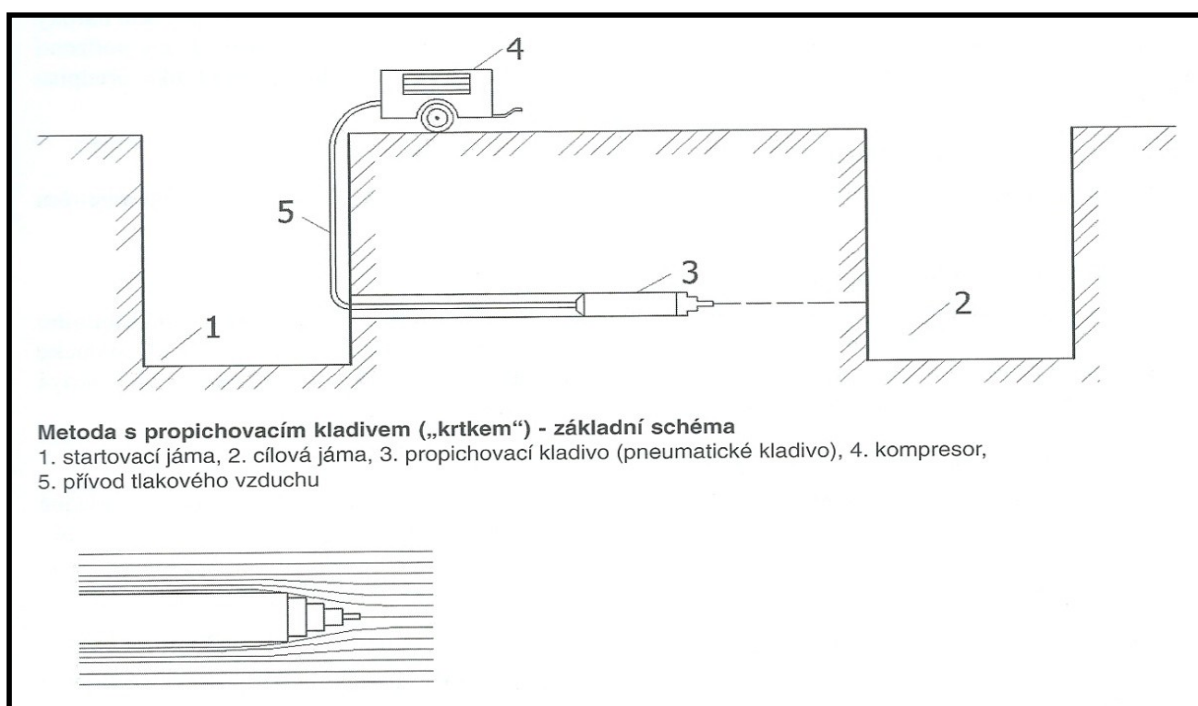
provozní teplota v dopravovaném médiu do 60°C. Tuto BT nelze aplikovat na potrubí zdeformované, zborcené apod. Při výstavbě a pažení startovacích a cílových jam je nutné postupovat dle ČSN 73 61 33 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [3][4][24]

Použitý materiál a DN: Rukávec je tkaný z polyesterové nebo nylonové příze. K impregnaci se používají epoxidové, polyesterové, vinylové pryskyřice, DN 200 – DN 1500

4.3.5. Bezvýkopová technologie pro stavbu nových vodovodních řadů a stok

- metodou bez odběru zeminy (propichovacím kladivem, krtkem, protlačováním)

Popis technologie:



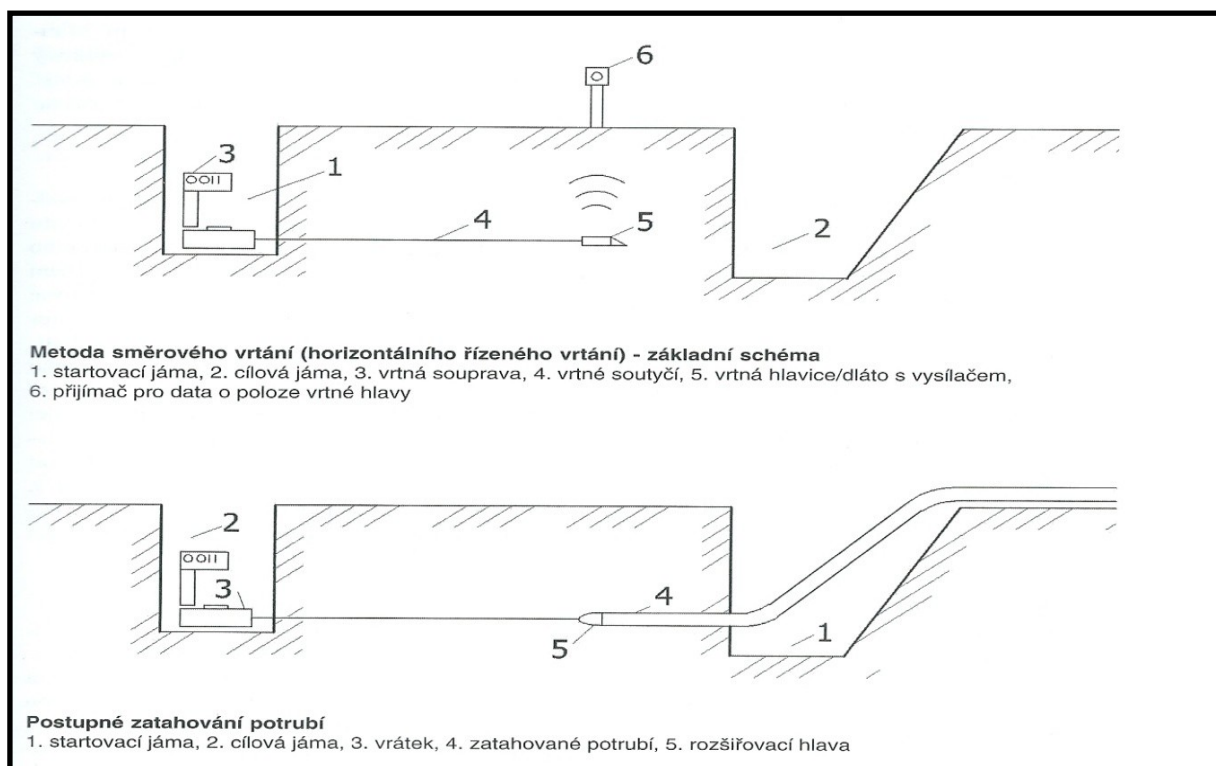
Obrázek 15. Metoda s propichovacím kladivem

Instalace potrubí nebo chráničky se provádí pomocí pneumaticky rázově poháněného kladiva. Ze strany startovací jámy je kladivo postupně zapravováno do zeminy. Kladivo roztahuje zeminu do stran a tím je vytvářen prostor pro zatažení nového potrubí. Součástí technologického zařízení je kompresor. Tato BT je tzv. „neřízená“ a proto omezující podmínky spočívají v nedostatečné přesnosti provedení, která je závislá na délce trasy, druhu

zeminy atd. (max. doporučená délka protlaku je 15 m.) Při výstavbě a pažení startovacích a cílových jam je nutné postupovat dle ČSN 73 61 33 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [3][4] [24]

Použitý materiál a DN:HDPE ,GGG do DN 150

- metodou s odběrem zeminy (vrtáním vodorovným beraněním)
- mikrotunelováním
- směrovým vrtáním (fa TALPA- RPF s.r.o.)



Obrázek 16. Metoda řízeného, horizontálního protlaku [3]

Popis technologie:

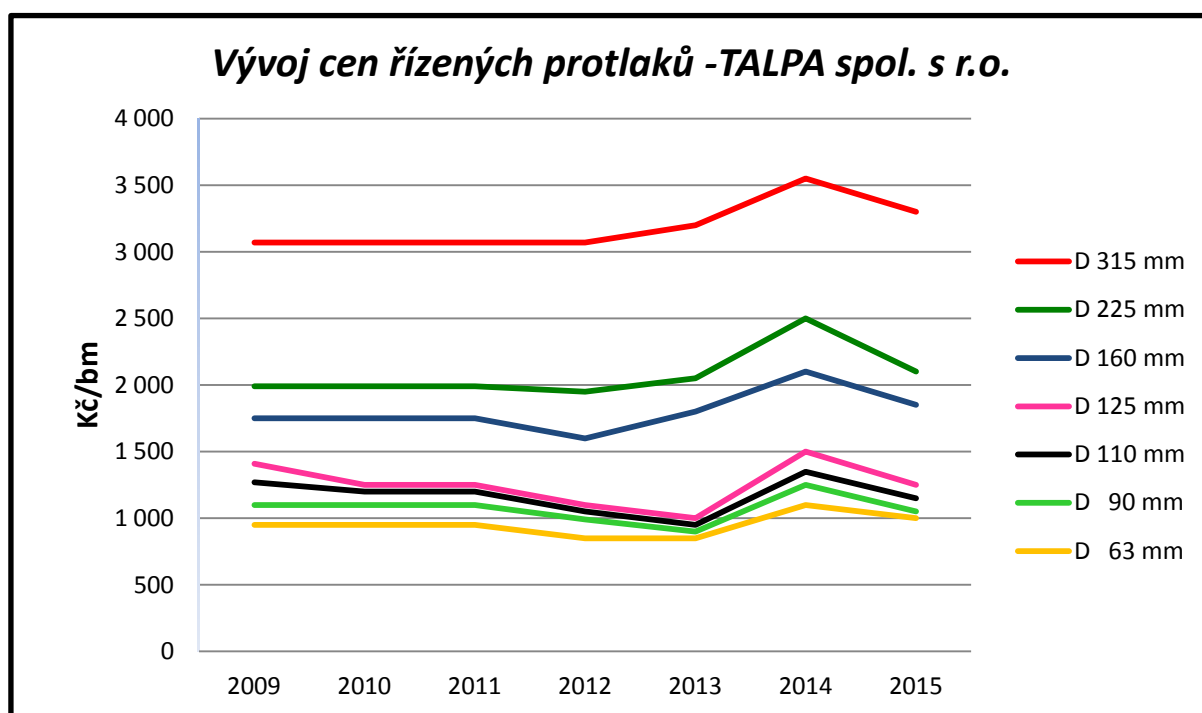
Instalace nového potrubí je umožněno použitím technologického zařízení/stroje ,který je schopen vyvinout odpovídající tlačnou i tažnou sílu přenášenou montovaných/demontovaných soutyčím. Otvor je prováděn pomocí odvalovací hlavy (dláta), která je podporována ještě výplachem směsi vody a bentonitu (tlak 150 bar). Řízení hydraulického vrtu je navigováno pomocí řídicí soupravy snímající signál z odvalovací hlavice. Řídicí souprava je vedena na povrchu terénu a signály z odvalovací hlavice jsou permanentně zpracovávány a vyhodnocovány. Polohu a pohyb hlavice lze operativně

upravovat. V cílové jámě se vymění odvalovací hlavice za rozšiřovací, kónickou vrtací hlava, za kterou je připevněn vtahovaný úsek nového potrubí. Při výstavbě a pažení startovacích a cílových jam je nutné postupovat dle ČSN 73 61 33 – Návrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací. [3][4]][24]

Použitý materiál DN : HDPE SDR 11 (s ochranným pláštěm);GGG; ocel

DN 50 – DN 600

Na grafu č.1 je zaznamenán vývoj cen řízených protlaků společnosti TALPA spol. s r.o. v období let 2009 – 2015. Data poskytnuté společností nepoukazují na růst cen v oboru bezvýchopových technologií a graf deklaruje konkurenční prostředí. Ceny jsou za uvedené za použití technologie řízeného protlaku v daném profilu bez kalkulace materiálu.



Graf 1. Vývoj cen řízených protlaků fa TALPA spol. s r.o. [19]

4.4. Shrnutí a optimální výběr bezvýkopové technologie

Výhody použití bezvýkopových technologií v porovnání s konvenční pokládkou do otevřeného výkopu jsou :

- snížení objemu zemních prací až o 80 %,
- omezení objemu staveništní dopravy,
- snížení vibrací, prašnosti a exhalací,
- zkrácení doby výstavby, u vodovodů lze hovořit o úspoře 2/3 času, v případě kanalizace i mnohem výraznější,
- záměr sanace se dostává do konfliktu s vlastníky pozemků a případné výkupy a náhrada škod by neúměrně zvýšily náklady sanace,
- v případě, kdy příslušný vodoprávní úřad nepovolí provádění otevřených výkopů,
- značné omezení záboru veřejných pozemků, menší finanční náklady na obsypy, zásypy a obnovu narušených povrchů komunikací.

Výběr optimální varianty bezvýkopové technologie je závislá na typu vzniklých škod v potrubních sítích. Před stanovením bezvýkopové technologie je nutné analyzovat druh poruchy a jejich příčiny na zamýšleném potrubním systému. Metody cementace, epoxidace nebo metoda pryskyřicí nasátých rukávců je nevhodná při návrhu rekonstrukce tlakových systému, kde příčina poruch je koroze, stárí, pohyb materiálu, únava materiálu a to z důvodů, že nová aplikovaná vrstva nezabrání dalšímu vzniku poruch na navrhovaných řadech. Pro rekonstrukce vodovodních řadů a kanalizačních tlakových řadů jsou používány bezvýkopové technologie relining, berstlining a směrový, horizontální protlak. Metoda berstlining je vhodná při použití u potrubí, které jsou poddimenzovány a probíhá proces výměny profilu stejné dimenze nebo dimenze větší. Metoda berstlining není limitována materiálem potrubí tzn. že rozšiřovací hlava je schopná narušit potrubí z ocele, litiny, betonu, plastu či azbestocementu. Metoda epoxidace a cementace je ideální v případě, kdy posuzovaný vodovodní řad nevyhovuje z hlediska kvality vody a nedochází na něm k poruchovosti z výše jmenovaných příčin. Metodu cementace je vhodné použít při snižování celkového množství železa (nad 7mg/l), které způsobuje např. předimenzování potrubí. Metoda pryskyřicí nasátých rukávců se využívá při sanaci kanalizačních potrubí z důvodů utěsnění netěsností vzniklým rukávcem a také při značných hloubkách uložení kanalizačních řadů.

5. PRAKTICKÁ ČÁST

5.1. Popis stávajícího stavu

5.1.1. Vodovodní síť města Havířov- provozování

Z intenzivního rozvoje těžkého průmyslu v Moravskoslezské oblasti v 60. a 70 letech 20. století dochází k rozvoji města Havířov a tím k výstavbě inženýrských sítí ve městě Havířov a jeho přilehlých lokalitách. Práce se blíže věnuje vodovodním sítím části města :Havířov-Město, Havířov - Šumbark, Havířov - Dolní Suchá, Havířov - Životice a Havířov – Bludovice. Oblast je zásobována pitnou vodou z VDJ Bludovice s akumulací $2 \times 10\,000\text{ m}^3$ a $2 \times 6\,000\text{ m}^3$. Provozní objem pracuje v režimu provozních hladin 340 m n. m. – 345 m n. m. VDJ Bludovice se nachází v katastru Horní Bludovice. Z VDJ Bludovice je pitná voda dopravována do havířovské oblasti přivaděči 2 x DN 500 Ocel (cementace potrubí proběhla v roce 1996) a přivaděčem DN 800 Ocel (cementace potrubí proběhla v roce 1998). Sledovaná oblast je provozována gravitačně. Oblast Havířov - Životice a Havířov - Bludovice je z důvodů nezajištění min. hydrodynamického tlaku 0,25 MPa provozována výtlačným vodovodem za pomoci ATS Životice. Voda do ATS je přiváděna z VDJ Bludovice přivaděcím řadem „Bludovice -Karviná-Ráj“ DN 800 Ocel.

Jednotlivé vodovodní sítě v této oblasti jsou rozděleny na tzv.DISTRIKTY. Jedná se o okrsky (části) vodovodní sítě, které jsou hydraulicky uzavřené. Průtok do každého distriktu je měřen průtokoměrem(vodoměrem) a tyto naměřená data jsou automaticky shromažďována v databázi dispečinku a vyhodnocována. Takto jsou i monitorovány tlakové poměry v distriktech. Výsledky jsou k dispozici on-line uživatelům (dispečerům, technikům) v přehledné formě prostřednictvím podnikového intranetu. Uzavřený distrikt umožňuje vyhodnocení úniků vody a tím umožňuje odstraňování úniků tak, aby bylo dosaženo co největších ekonomických úspor.

5.1.2. Trubní materiály v oblasti Havířov

Pro potřeby studie byly zařazeny do statistiky trubního materiálu tyto části :

- Havířov - Město
- Havířov - Podlesí
- Havířov – Prostřední Suchá

- Havířov - Dolní Suchá
- Havířov - Šumbark
- Havířov - Životice
- Havířov – Bludovice
- Havířov – Město/Dolní Datyně

SmVaK Ostrava a.s. v oblasti Havířov provozuje 186 km vodovodních řadů a 122,9 km vodovodních přípojek. Graf č. 1 a 2 ukazuje materiálové složení vodovodních řadů, kde převládá materiál kovový (litina, ocel). Nejvíce je v oblasti z pohledu druhu materiálu zastoupena litina šedá s 62 km (33 %) tras vodovodních řadů a následuje potrubí z PVC s 56 km (30 %). Polyetylén dle grafu č.2 jednoznačně převažuje jako materiál pro vodovodní přípojky (107 km). V případě, že se do statistiky zařadí jen městská (sídlíštní) zástavba je ze statistiky vodovodních řadu patrný nárůst litiny šedé (44 %).

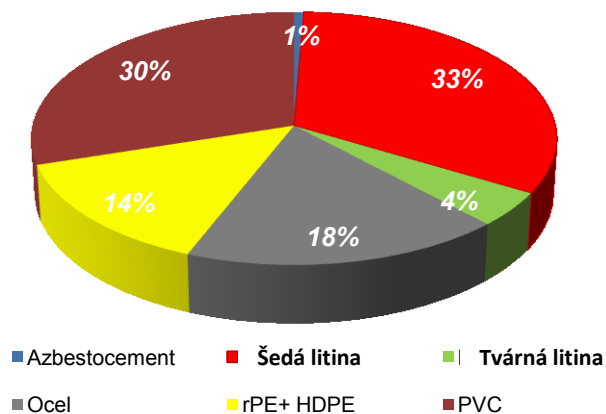
materiál	Oblast Havířov (m)	Havířov-Městská zástavba (m)
Azbestocement	1243	1243
Šedá litina	62015	59655
Tvárná litina	8394	5542
Ocel	33939	23920
rPE+ HDPE	26528	11494
PVC	56447	34454
celkem (m)	188567	136309

Tabulka 1.trubní materiály-vodovodní řady

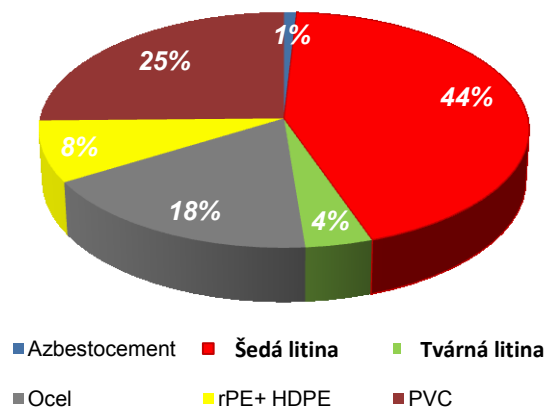
materiál	Oblast Havířov (m)	Havířov-Městská zástavba (m)
Šedá litina	1425	1403
Tvárná litina	0	0
nezadáno	2400	1351
Ocel	9050	7539
rPE	107750	57098
HDPE	883	391
PVC	1436	1446
celkem	122945	69228

Tabulka 2. trubní materiály-vodovodní přípojky

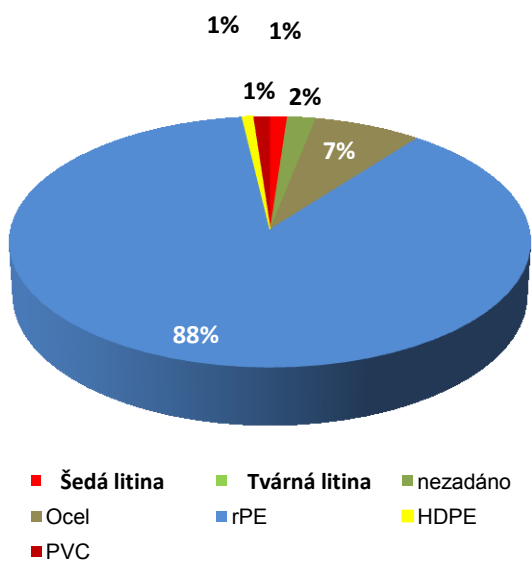
Graf 2. Havířovská oblast-vodovodní řady



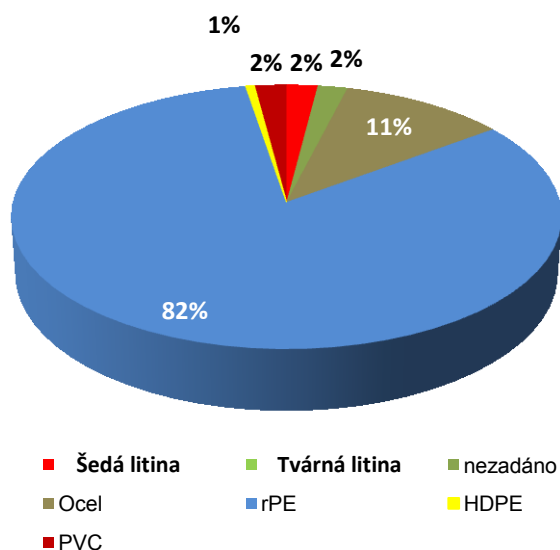
Graf 3. Městská zástavba-vodovodní řady



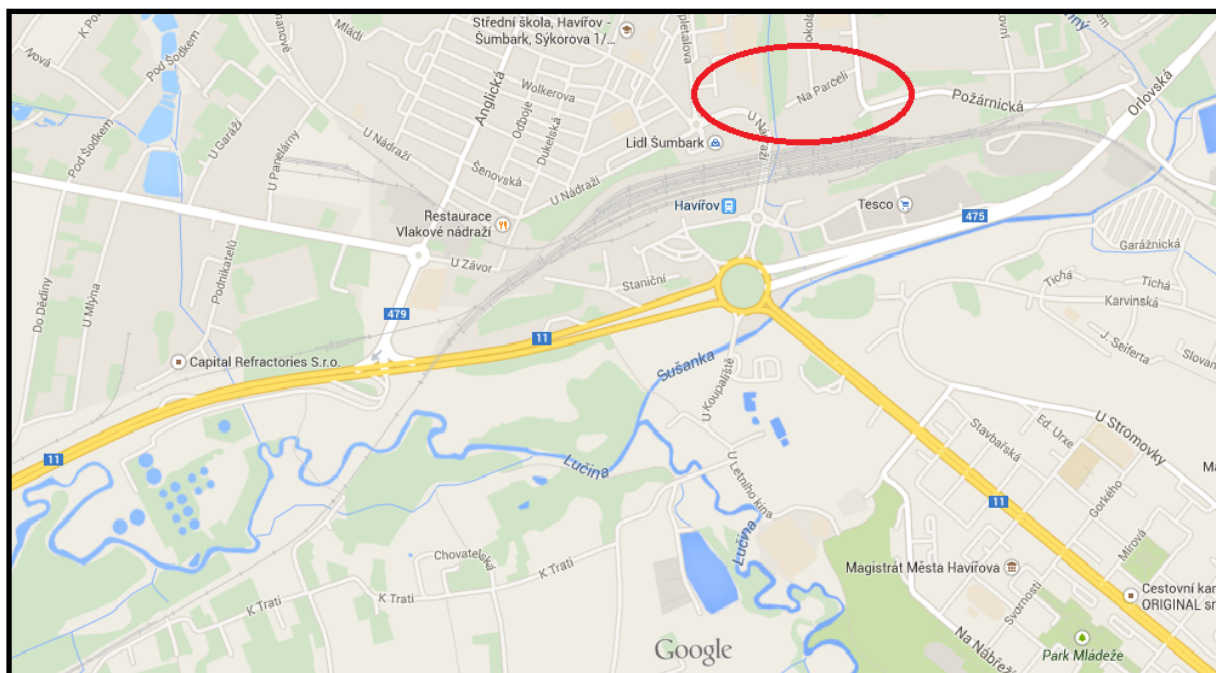
Graf 4. Havířovská oblast, vodovodní přípojky



Graf 5. Havířov-Městská zástavba, vodovodní přípojky



5.2. Posuzovaná oblast - Havířov-Šumbark ,Na Parceli,U Nádraží

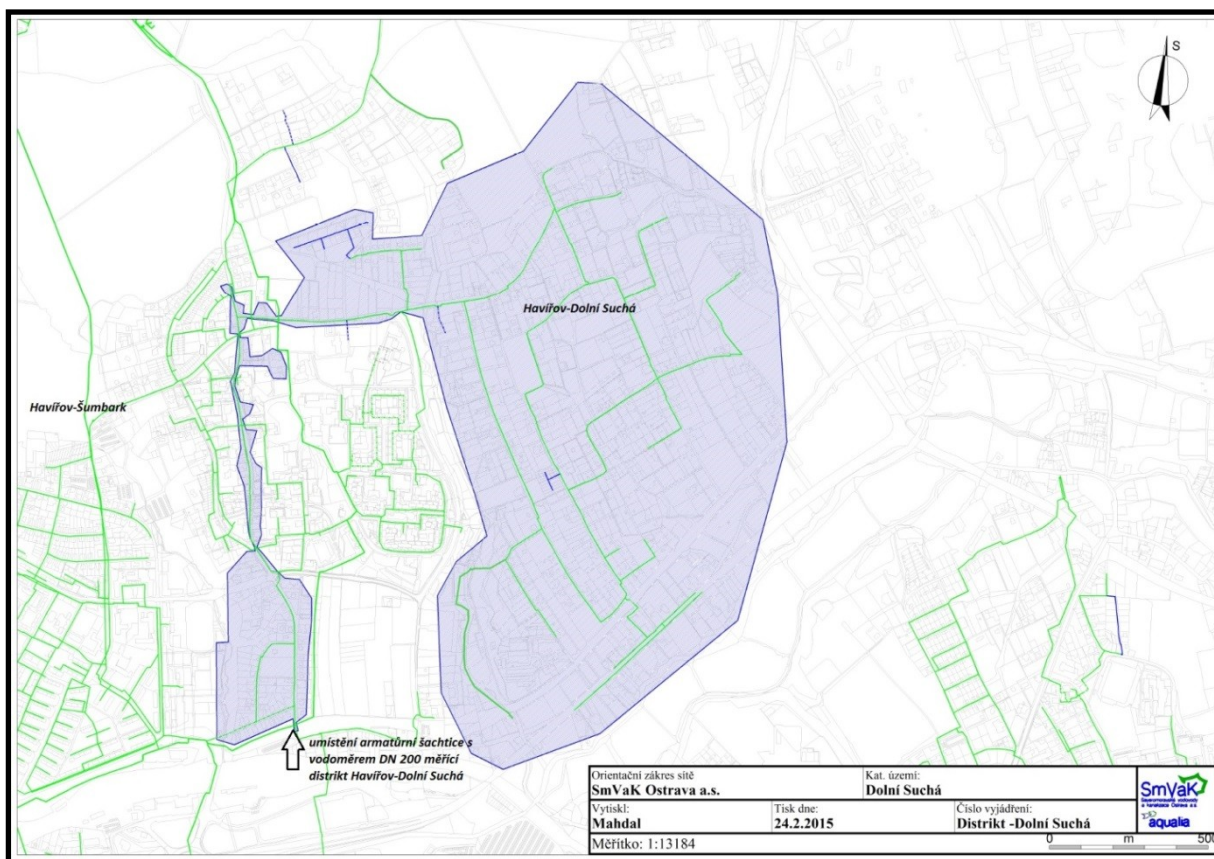


Obrázek 17. Lokalizace posuzované oblasti - Havířov -Šumbark , ul. Na Parceli, U Nádraží

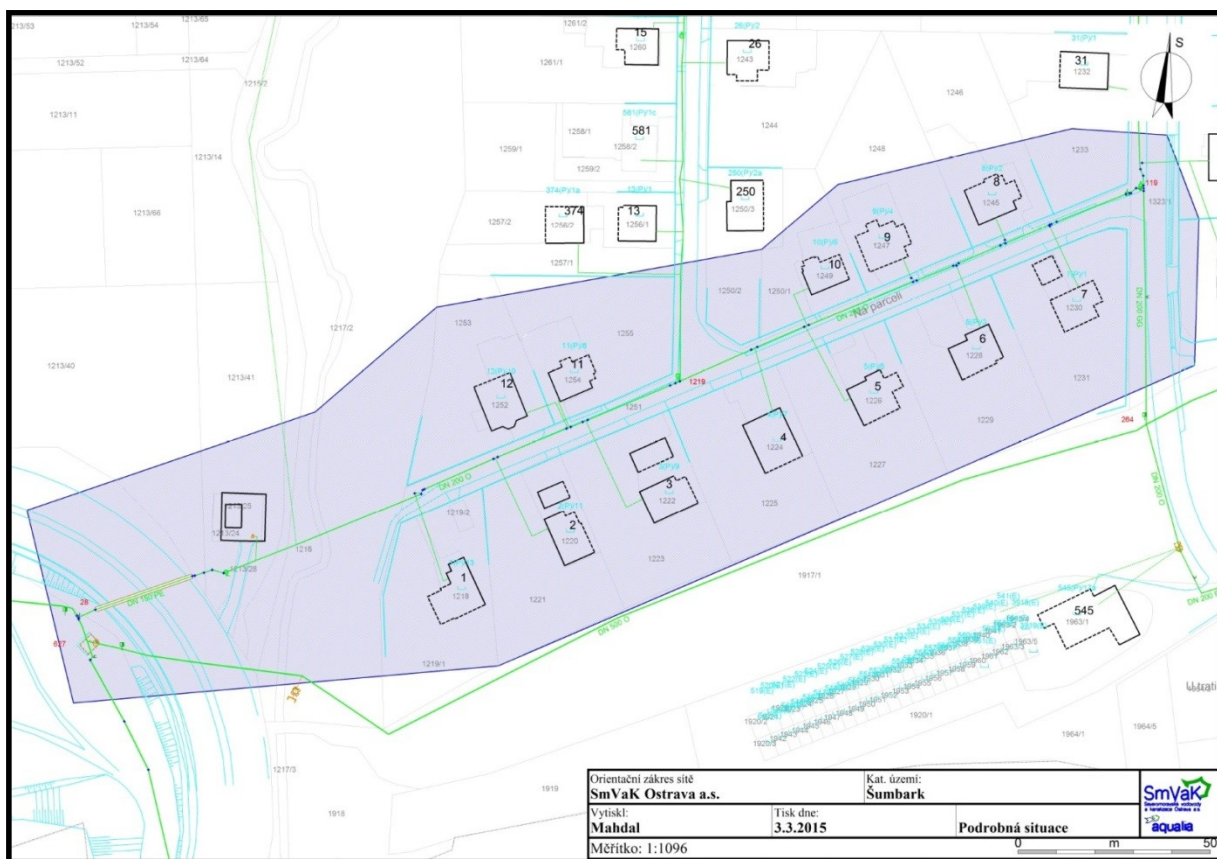
Ul. Na Parceli se nachází v Havířově-Šumbarku v k.ú. Šumbark. Oblast je zásobována z VDJ Bludovice (340 m. n. m. – 345 m. n. m.) a v samotné ulici je vodovod tvořen vodovodním řadem ocel DN 200 v délce 299 m. Tento vodovod byl vybudován v roce 1958 a byl koncipován jako propojovací vodovod mezi vodovodem na ul. Petřvaldské (Ocel DN 200) a příváděcím řadem DN 500 na ul. U Nádraží. Dnes však SmVaK Ostrava a.s. provozuje tento vodovod jako větvenou síť, která je uzavřena na šoupěti DN 200 na ul. U Nádraží. Tento systém provozování byl zvolen v souvislosti s rozdělením vodovodní sítě na distrikty – viz výše a z předmětného vodovodu tímto vznikla koncová větev, která je ukončena zmíněných sekčním (pásmovým, distriktovým) šoupětem. Vodovodním řadem je zásobováno 13 odběrných míst resp. vodovodních přípojek a posuzovaná oblast je bez občanské vybavenosti. V případě nutnosti (z provozních důvodů, z důvodů havárie či měření na síti) v oblasti Havířov -Nový Šumbark dojde k otevření šoupěte DN 200 a poté vodovodní řad DN 200 Ocel zásobuje nejen ul. Na Parceli, ale může také dotovat část, případně celý sousední distrikt. Z důvodu nevyhovujících poměrů v předmětném vodovodu bylo rozhodnuto o rekonstrukci tohoto řadu.

DISTRIKT –Dolní Suchá

Posuzovaný vodovodní řad náleží k distriktu Dolní Suchá. Situace tohoto distriktu je znázorněna na obrázku č. 15. Distrikt je měřen průtokoměrem DN 200, který se nachází v armaturní šachtici v Havířově – Šumbarku, ul. Petřvaldská (u restaurace Tříška). Distrikt Dolní suchá obsahuje 11,8 km tras vodovodního potrubí a je v něm zařazeno 496 odběrných míst.



Obrázek 15. Distrikt Dolní Suchá –interní zdroj SmVaK Ostrava a.s.



Obrázek 16.Přehledná situace ,Havířov-Šumbark,ul.Na Parceli,U Nádraží /interní zdroj SmVaK Ostrava a.s.

5.2.1. Popis trasy vodovodu

Vodovod je napojen v křižovatce ulic Petřvaldská a Na Parceli částečně v asfaltové ploše v hloubce 1,6 m. Začátek trasy se nachází 265 m. n. m. , což je i nejvyšší místo vodovodního řadu. Uzel je opatřen uzavíracím šoupětem DN 200 a podzemním hydrantem, který plní odvětrávací funkci. Trasa vodovodu probíhá na ul. Na Parceli 30 cm v asfaltové cestě IV. kategorie (majitel vozovky – Statutární město Havířov). V křižovatce ulic Na Parceli a Sokolovská je vyvedena odbočka s uzavíracím šoupětem DN 100 na vodovod PVC 110. V celé trase vodovodního řadu se nachází v souběhu plynovodní potrubí(majitel RWE a.s.).Po 205 metrech vodovodní řad opouští ul. Na Parceli (256 m. n. m.) a strmě klesá do strže. Potok (248 m. n. m.) je překonán nadzemním vedením. Vodovod je podepřen 2x betonovými bloky a opatřen tepelnou izolací. V místě přechodu z nadzemního vedení do země je vodovod opatřen šoupětem DN 80, plnicí funkcí kalníku s vývodem do potoku. Vodovod následně kříží dvouproutovou komunikaci na ul. U Nádraží. V travnaté ploše je vodovod DN 200 ocel napojen na příváděcí řad DN 500 Ocel za pomoci navařeného návarku o průměru DN 200, což je i nejnižší místo úseku vodovodního řadu (247 m. n. m.) .



Obrázek 18. Havířov-Šumbark, ul. Na Parceli, U Nádraží -místní podmínky

5.3. Návrh rekonstrukce

Rekonstrukce předmětného řadu je odůvodněná :

- dynamikou poruch (počtem poruch na stanovené délce vodovodu)
- náklady na výrobu, dopravu a distribuci vody, která uniká z vodovodního potrubí
- následnými škodami způsobené unikající vodou
- ekonomické ztráty na straně odběratele vody (omezena nebo přerušena dodávka vody)
- vynaloženými náklady na náhradní zásobování vodou po dobu přerušení dodávky vody
- z důvodů poruchovosti úseků je obtížnější dodržení předepsané kvality vody.

5.3.1. Dynamika poruch

- **Výpočet dynamiky poruch**

Jedná se o vyjádření stavu vodovodního úseku, který je určen počtem poruch na 1 km sítě a rok ve 3 po sobě sledovaných letech.

$$\text{průměr} = \frac{\text{rok 2013} + \text{rok 2012} + \text{rok 2011}}{3} = \frac{11 + 2 + 1}{3} = 4,666 \text{ ks}$$

$$\text{dynamika poruch} = \frac{\text{průměr} * 1000}{\text{delka úseku}} = \frac{4,666 * 1000}{299} = 15,6$$

kritérium pro návrh na rekonstrukci : $DP > 4$

Dynamika poruch na sledovaném úseku byla vypočtena 15,6 a splňuje jedno z kritérií pro návrh na rekonstrukci vodovodního řadu .

rok	počet poruch	náklady na opravy /rok
2001	1	15 789,- Kč
2003	3	42 617,- Kč
2004	1	11 761,- Kč
2008	1	23 572,- Kč
2009	3	102 294,- Kč
2011	1	35 939,- Kč
2012	2	61 837,- Kč
2013	11	268 639,- Kč
celkem	23	562 448,- Kč
	náklady na 1.poruchu	24 454,- Kč

Tabulka 3. statistika poruch na sledovaném úseku , zdroj - interní data SmVaK Ostrava a.s.

Do studie byla zahrnuta data z let 2001- 2013. Z tabulky č.3 plzně extrémní nárůst dynamiky poruch v roce 2013 (11 poruch). Celkové náklady ve sledovaném období 2001 – 2013 dosáhly **562 448,- Kč** s průměrnými náklady **24 454,- Kč** na odstranění 1 poruchy. V nákladech na odstranění poruch jsou započteny jednak ceny materiálu, techniky, stavebně-montážních prací a neposledně JTÚ. Ve sledovaném úseku vodovodu na ul. Na Parceli ,U Nádraží tvoří náklady na JTÚ z důvodů asfaltce zasažených ploch 25 % z celkových nákladů. Při odstraňování havarijních stavů vlastní zasažené plochy (Magistrát města Havířov) dodatečně povoluje zásah do komunikace na základě zák.č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích .

Poruchovost v pozorovaném úseku vodovodního potrubí je způsobena:

- korozi materiálu
- provozováním úseku potrubí ve zvýšené hodnotě hydrodynamického tlaku (0,75 MPa)
- dynamickým namáháním materiálu při odstraňování havarijních stavů a následném zprovoznování potrubí

Jedna z poruch ze dne 28.2.2013 byla lokalizována v místě jízdního pruhu v komunikaci v Havířově-Šumbarku, ul. U Nádraží . Jedná se o frekventovanou komunikaci spojující části Havířov-Šumbark a Havířov-Město. Z důvodů nákladu odstranění vzniklé havárie a zabezpečení plynulosti dopravy bylo stanoveno odstranění poruchy technologie „RELINING“(viz. 4.3.3). Stávající potrubí Ocel DN 200, které procházelo příčně přes komunikaci byl využito jako chránička v délce 27 metrů. Z důvodů rychlosti montáže, snadné manipulace a příznivé ceny byly použity PE roury 160x 14,6 SDR 11 ,PE 100, Safe Tech (s vnější ochrannou vrstvou, výrobce WAVIN). Tyto 6-ti metrové trouby byly svařeny na „TUPO“ svářecí jednotkou TM 250 (d 75 - 250 mm), výrobce GEORG FISCHER. Před započítáním montážních prací došlo ke kamerové zkoušce, která měla za úkol stanovit vnitřní stav potrubí (nežádoucí je v trase potrubí překážka či lom potrubí). Po kamerové zkoušce proběhlo čištění vnitřní stěny ocelového potrubí vysokotlakovým čističem potrubí. Trysky na vodící hlavici dosahují tlaku až 18 MPa a tímto procesem se docílí odstranění inkrustací na stěně potrubí.

Při odstranění dané poruchy tímto způsobem bylo vyměněno potrubí v délce 35 metrů a nebylo započítáno do kalkulace navrhované rekonstrukce vodovodu .

5.3.2. Hydraulický výpočet - Stanovení dimenze nového potrubí

Hydrostaticky výpočet potrubí byl proveden podle níže uvedených vzorců. Do návrhu rekonstrukce bylo podle vypočtené jmenovité světlosti navrženo potrubí s ohledem na možnost zásobovat navrhovaným vodovodem přilehlý distrikt (viz. Kapitola 5.3) .

- Průměrná denní potřeba vody pro bytový fond spotřebiště

$$Q_{ob1} = N * q_a \quad [l * den^{-1}] \quad q_a \dots \dots \dots \text{specifická potřeba vody podle úrovně vybavení bytu}$$

$$Q_{ob1} = 52 * 90 \quad N \dots \dots \dots \text{počet obyvatel}$$

$$\underline{\underline{Q_{ob1} = 4\,680 \quad l * den^{-1}}}$$

- Průměrná denní potřeba vody pro občanskou a technickou vybavenost spotřebiště

$$Q_{ob2} = N * q_b \quad [l * den^{-1}] \quad N \dots \dots \dots \text{celkový počet obyvatel ve spotřebišti}$$

$$Q_{ob2} = 52 * 20 \quad q_b \dots \dots \dots \text{specifická potřeba vody dle velikosti obce}$$

$$\underline{\underline{Q_{ob2} = 1040 \quad l * den^{-1}}}$$

- Celková průměrná denní spotřeba ve spotřebišti

$$Q_p = Q_{ob} + Q_{ze} + Q_{pr} + Q_t$$

$$Q_p = (Q_{ob1} + Q_{ob2}) + Q_{ze} + Q_{pr} + Q_t$$

$Q_{ob1} \dots \dots \dots$ průměrná denní potřeba vody pro bytový fond

$Q_{ob2} \dots \dots \dots$ průměrná denní potřeba pro občanskou a technickou vybavenost

$Q_{ze} \dots \dots \dots$ průměrná denní potřeba pro zemědělskou výrobu

$Q_{pr} \dots \dots \dots$ průměrná denní potřeba pro pracovníky v průmyslu

$Q_t \dots \dots \dots$ provozní doba

$$Q_p = (4680 + 1040) + 0 + 0 + 0$$

$$\underline{\underline{Q_p = 5\,720 \quad [l * den^{-1}]}}$$

- Maximální denní potřeba vody ve spotřebišti

$$Q_{mob} = (Q_{ob1} + Q_{ob2}) * k_d + Q_{ze} + Q_{pr} + Q_t \quad [l * den^{-1}]$$

k_d -součinitel denní nerovnoměrnosti

Q_{ob1}průměrná denní potřeba vody pro bytový fond

Q_{ob2}průměrná denní potřeba pro občanskou a technickou vybavenost

k_dsoučinitel denní nerovnoměrnosti

Q_{mze} maximální denní potřeba pro zemědělskou výrobu

Q_{mpr} maximální denní potřeba pro pracovníky v průmyslu

Q_tprovozní doba

Q_t provozní voda

$$Q_{mob} = 5720 * 1,5$$

$$\underline{\underline{Q_{mob} = 8\,580 \, l * den^{-1}}}$$

- Maximální hodinová potřeba vody ve spotřebišti

$$Q_h = Q_{mob} * k_h$$

k_h -součinitel hodinové nerovnoměrnosti

$$Q_h = (8580/24) * 2,1$$

$$\underline{\underline{Q_h = 750,8 \, l * hod^{-1}}}$$

- Stanovení průtoku vodovodním úsekem

$$Q_v = \frac{Q_{mob}}{86400}$$

$$Q_v = \frac{8580}{86400}$$

$$\underline{\underline{Q_v = 0,099 \, l * s^{-1}}}$$

- Stanovení specifické spotřeby vodovodního úseku

$$Q_0 = \frac{Q_v}{\sum l}$$

$$Q_0 = \frac{0,099}{299}$$

$$\underline{\underline{Q_0 = 3,31 * 10^{-4} \, l * m * s^{-1}}}$$

- Korekce úsekové potřeby vody po započtení potřeby požární vody

$$q_c = Q_o + Q_p \quad Q_p - \text{požární úseková potřeba vody} \dots 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}$$

$$q_c = 3,31 \cdot 10^{-4} \cdot 10$$

$$\underline{\underline{q_c = 10 \text{ l} \cdot \text{s}^{-1}}}$$

- Výpočet světlosti potrubí DN v závislosti na potřebném průtoku

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \quad D = \sqrt{\frac{4 \cdot q_c}{1000 \cdot \pi \cdot v}}$$

V – rychlost proudění vodovodní sítě byla stanovena na $1,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

$q_c \dots \dots \dots$ korekce úsekové potřeby vody

- Výpočet Reynoldsova čísla

$$Re = \frac{v \cdot D}{\nu}$$

$v \dots \dots \dots$ rychlost proudění

$D \dots \dots \dots$ poloměr

$\nu \dots \dots \dots$ kinematická viskozita

- Výpočet součinitele ztráty třením dle Alšuta pro potrubí světlosti DN 10 – DN 500

$$\lambda = 0,11 \cdot \left(\frac{68}{Re} + \frac{\Delta}{D} \right)^{0,25}$$

$Re \dots \dots \dots$ Reynoldsovo číslo

$\Delta \dots \dots \dots$ drsnost potrubí (HDPE – $0,00001 \text{ m}$)

$D \dots \dots \dots$ poloměr

- Výpočet tlakové ztráty třením

$$h_{ZT} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g}$$

λ součinitel ztrát třením

d průměr potrubí

v rychlost proudění

- Výpočet místních tlakových ztrát

$$H_{ZM} = \sum \xi * \frac{v^2}{2g}$$

v rychlost proudění

ξ součinitel místních ztrát

- Stanovení celkové tlakové ztráty v úseku

$$\sum h_z = h_{zt} + h_{zm}$$

	DN (m)	Re	λ	h_{zt}	$\sum \xi$	h_{zm}	$\sum h_z$
DN 50	0,05	49381	0,021565	14,80	0,2	0,02	14,82
DN80	0,08	79010	0,019365	8,30	0,2	0,02	8,32
DN 100	0,10	98762	0,018433	6,30	0,2	0,02	6,32
DN 150	0,15	148143	0,016914	3,90	0,2	0,02	3,92

Tabulka 4. Souhrnná tabulka hydraulického výpočtu

5.3.3. Výpočet zdržení vody pro dimenzi DN 150

$$Q_p = v * D$$

$$5720 = v * \frac{\pi * 0,15^2}{4}$$

$$\frac{5,720}{86400} = v * 0,0177 \text{ m}^2$$

$$\underline{v = 3,74 * 10^3 \text{ m} * \text{s}^{-1}}$$

$$\text{doba zdržení} \dots T = \frac{l}{v}$$

$$T = \frac{299}{v}$$

$$\underline{\underline{T = 79946 \text{ s} = 22 \text{ hodin}}}$$

Pro navrhovaný průměr potrubí DN 150 je spočítaná doba zdržení 22 hodin ,což je hodnota dostačující a neovlivní kvalitu dodávané, pitné vody.

5.3.4. Výběr materiálu

Pro rekonstrukci vodovodního řadu byly vybrány PE roury 160x 14,6 SDR 11 ,PE 100, Safe Tech. z těchto důvodů :

- tento materiál již byl použit pro opravu havárie na vod. řadu (viz. 5.4.1.) v délce 35 m a proto je vhodné zachovat tento materiál pro celý navrhovaný úsek
- snadná manipulace z PE troubami s porovnáním s GGG ve stíženém terénu strže
 - hmotnost GGG trouby DN 150 – 160,00 kg/ 6 m
 - hmotnost HDPE roury 160x 14,6 – 40,40 kg/ 6m
 - hmotnost HDPE roury 160x 14,6 – 80,8 kg/ 12 m
- možnost dodávky HDPE v 12 metrových tyčích a což zkrátí spojování trub o 50 %
- cenové srovnání :
 - PE roury 160x 14,6 SDR 11 ,PE 100, Safe Tech.....403 ,- Kč / 1m
 - GGG trouby DN 150(BUDERUS).....936,- Kč / 1 m

Cena PE roury 160x 14,6 dosahuje 41 % ceny trouby z tvárné litiny a to při délce 264 m rekonstruovaného vodovodu činí úsporu **140 712,- Kč** na materiálu.

5.4. Technické a cenové srovnání výkopových a bezvýkopových technologií při rekonstrukci navrhovaného vodovodního řadu

Pro navrhovaný úsek rekonstrukce vodovodního potrubí jsou zařazeny do srovnání metody :

- **Pokládka do otevřeného výkopu**
- **Metoda řízeného protlaku**
- **Metoda Berstlining**
- **Metoda Relining**

Při pochůzce terénem je zřejmá obtížná situace v úseku strže a potoku na ul. U Nádraží. Terén strže je pokryt náletovými dřevinami. Na úseku 21 metrů dochází k převýšení 8 metrů, což fakticky nedovoluje použití stavebních strojů. Řešením je rekonstrukce vodovodního řadu v úseku 58 m řízeným protlakem (např. TALPA –rpf s.r.o.) Rozpočet stavebních a montážních prací viz. tabulka č. 6.

- **Cenová kalkulace**

Všechny ceny bezvýkopových technologií v tabulkách jsou zpracovány dle oficiálních (tržních) cen společnosti TALPA –RPF, s.r.o. a DORG, s.r.o. Stavebně technologické ceny vycházejí z *Katalogu popisů a směrných cen stavebních prací* a *Katalogu popisů a směrných cen montáží technologických zařízení*. Katalogy vydává a aktualizuje společnost **ÚRS PRAHA, a.s. – Inženýrská a poradenská organizace**. Při sestavování rozpočtu bylo čerpáno z těchto katalogů směrných cen [8] :

- 800-1 Zemní práce (katalog popisů a směrných cen stavebních prací)
- 822-1 Komunikace pozemní a letiště (katalog popisů a směrných cen stavebních prací)
- 827-1 Montáže potrubí – vodovod a kanalizace (katalog popisů a směrných cen stavebních prací)
- 23-M Montáže potrubí (Katalog popisů a směrných cen montáží technologických zařízení)

5.4.1. Pokládka vodovodního řadu do výkopu /(průběh stavebně-montážních prací)

Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
Zemní a stavební práce				
Výkop jam a rýhy pro přípojky v hornině tř. 3, zpětný zásyp rýhy (2 výkopy)	m3	16,00	150,00	2 400,00 Kč
Naložení zeminy a kamení	t	18,00	58,00	1 044,00 Kč
Poplatek skládce za uložení zeminy s odvozem	t	0,00	280,00	0,00 Kč
Řízený protlak pod komunikací D 150 mm	m	58,00	1 850,00	107 300,00 Kč
Kamenivo na zásyp rýhy	t		350,00	0,00 Kč
Asfaltace komunikace	m2		1 500,00	0,00 Kč
Zemní a stavební práce celkem				110 744 Kč
Montážní práce, pokládka vodovodu - kompletace				
PE potrubí D 160, SDR 11 - RC	m	58,00	427,00	24 766,00
Elektrospojka D 160, SDR 11	ks	5,00	454,00	2 270,00
Litínová spojka s jištěním proti posunu Hawle č. 7974 DN 150 na stávající PVC DN 150	ks	2,00	7 510,00	15 020,00
Signalizační vodič na potrubí s pokládkou	m	58,00	15,00	870,00
Montážní práce a materiál celkem				52 188 Kč
Bakteriologický rozbor vody, funkčnost ident. vodiče				
	soubor		3 900,00	0,00 Kč
Tlaková zkouška potrubí	m		35,00	0,00 Kč
Manipulace na síti	hod		421,00	0,00 Kč
Geodetické zaměření potrubí	sada		6 000,00	0,00 Kč
Ostatní náklady celkem				0 Kč
CENA včetně materiálu CELKEM :				162 932 Kč

Tabulka 5 .Cenová kalkulace 58 m řízeného protlaku , stanoveno dle Katalogu popisů a směrných cen stavebních a technologických prací ÚRS Praha 2008 [8]

Před započítím výkopových prací musí dojít k vytýčení všech inženýrských sítí v místech křížení s navrhovaným a stávajícím potrubím. V místech těchto kolizí je nutné vykopat sondy za účelem zjištění hloubky a směrového vedení inženýrských sítí. Sonda je nutné kopat ručně s ohledem na neznalost hloubek el. vedení, telekomunikačního vedení či plynových přípojek.

Vykopání rýhy bude provedeno po nařezání asfaltového krytí a následném odtěžení krycího materiálu a jeho odvozu na skládku odpadu k tomu určenou. Celý výkopek bude také odvážen na příslušnou skládku odpadu. Poté se provede začištění dna výkopu a pískový podsyp v tloušťce 100 mm. Na podsyp se bude provádět pokládka PE potrubí DN 150. Spoje potrubí budou svařovány pomocí elektro-tvarovek podle technologie dané výrobcem. Vodovodní přípojky budou připojeny na vodovodní řad pomocí elektropásu i integrovaným ventilem 160/63 po úspěšném provedení tlakové a mikrobiologické zkoušky. Pro budoucí zaměření nového stavu bude ve výkopu umístěn signalizační vodič. V daném rekonstruovaném úseku se provede tlaková zkouška dle ČSN 75 5911. Následně bude potrubí vydesinfikováno desinfekčním roztokem. Zához výkopu může být zahájen až po provedení tlakové a mikrobiologické zkoušky, po přepojení vodovodních přípojek po geodetickém zaměření průběhu trasy vodovodu a vodovodních přípojek. Obsyp bude zhotoven v tloušťce 300 z inertního materiálu (např. vysokopecní struska frakce 0-8 nebo zásypový písek). Výkop bude průběžně hutněn vibračním zařízením ve 30 cm. Pokládka krytu vozovky bude provedena ve dvou vrstvách, každá o tloušťce 50 mm, vrchní vrstva bude přesahovat okraje výkopu o 0,5 m na všechny strany. Vzniklé spáry budou zality modifikovanou zálivkou.

Při provádění prací nesmí dojít k omezení trvale žijících obyvatel v neúnosné míře. Vjezdy a vstupy do jednotlivých RD je nutné opatřit přechodovými lávkami. Doprava bude svedena do jednoho jízdního pruhu. Výkop bude viditelně ohraničen dopravním značením.

Celkový rozpočet navrhovaného vodovodu pokládkou do otevřeného výkopu v délce 206 m je stanoven na částku **933 743,- Kč bez DPH.**(viz tabulka č. 6) [8] [12] [23]

Popis	MJ	Množství celkem	Cena jednotková	Cena celkem
2	3	4	5	6
Výkop rýhy v hornině tř. 3, zpětný zásyp rýhy a její zhutnění (206 m x 1,5 m x 0,8 m)	m3	247,20	150,00	37 080,00 Kč
Naložení zeminy a kamení	t	364,00	58,00	21 112,00 Kč
Poplatek skládce za uložení zeminy s odvozem	t	364,00	280,00	101 920,00 Kč
Kamenivo na zásyp rýhy	t	364,00	350,00	127 400,00 Kč
Asfaltace komunikace	m2	202,00	1 500,00	303 000,00 Kč
Zemní a stavební práce celkem				590 512 Kč
Montážní práce, pokládka vodovodu - kompletace	hod	150,00	421,00	63 150,00 Kč
Instalace armatur v dimenzi (2 ks šoupátková sestava DN 150, 3 ks hydrantová sestava DN 80)	hod	20,00	421,00	8 420,00 Kč
PE potrubí D 160, SDR 11 - RC	m	206,00	427,00	87 962,00
Elektrospojka D 160, SDR 11	ks	35,00	454,00	15 890,00
Litínová spojka s jištěním proti posunu Hawle č. 7974 DN 150 na stávající PVC DN 150	ks	2,00	7 510,00	15 020,00
Elektro T - kus D 160/90 (90 stupňů), SDR 11 - rovnoramenný, redukováný	ks	3,00	6 118,00	18 354,00
Šoupátková sestava (šoupátko přírubové Eko plus, DN 150, ZS teleskopická DN 150, podkladek, lit. poklop)	ks	3,00	5 571,00	16 713,00
Přípojka - elektrotvarovka - horní navrtávka s tel. ZS, tel. poklop a podložka	ks	12,00	5 119,00	61 428,00
Lemový nákrůžek a otočná příruba D 90, SDR 11	ks	3,00	488,00	1 464,00
Lemový nákrůžek a otočná příruba D 160, SDR 11	ks	2,00	1 055,00	2 110,00
Hydrantová sestava (litinové patkové koleno DN 80, podzemní dvouč. hydrant DN 80 AVK, drén, podkladek, lit. poklop)	ks	3,00	8 152,00	24 456,00
Fólie (signalizační s nápisem voda) na potrubí s pokládkou	m	206,00	4,00	824,00
Signalizační vodič na potrubí s pokládkou	m	206,00	15,00	3 090,00
Spojovací materiál (nerez šrouby, podložky, matice, těsnění)	ks	1,00	3 872,00	3 872,00
Montážní práce a materiál celkem				322 753 Kč
Bakteriologický rozbor vody, funkčnost ident. vodiče	soubor	1,00	3 900,00	3 900,00 Kč
Tlaková zkouška potrubí	m	206,00	35,00	7 210,00 Kč
Manipulace na síti	hod	8,00	421,00	3 368,00 Kč
Geodetické zaměření potrubí	sada	1,00	6 000,00	6 000,00 Kč
Ostatní náklady celkem				20 478 Kč
CENA včetně materiálu CELKEM :				933 743 Kč

Tabulka 6.Cenová kalkulace-Otevřený výkop, stanoveno dle Katalogu popisů a směrných cen stavebních a technologických prací ÚRS Praha 2008 [8]

5.4.2. Bezvýkopová technologie-řízený protlak /TALPA RPF spol. s r.o. (průběh stavebně- montážních prací)

Technologie řízeného horizontálního vrtání zvládá řízenou pokládku vodovodního či kanalizačního potrubí na vzdálenosti 100 až 150 m, výjimečné však nejsou ani vrty v délce až 300 m. Před vlastní realizací je nutné obnažit a zdokumentovat veškeré místa , kde dochází ke křížení s inženýrskými sítěmi. Po ukončení vrtných prací je nutné vyčerpat výplach a vyčistit jámy pro následné montážní práce a vystrojení protlaků. Při rychlosti provedení - až 250 m pokládky denně je reálné navrhovaný úsek vodovodního řádu protlačit za 1. pracovní den. Spoje potrubí budou svařovány technologií „na tupo“ podle technologie dané výrobcem.

Výkopové a zásypové práce 16 ks montážních jam o velikosti 2 x 1,5 x 2,0(výška x šířka x hloubka) jsou shodné s pracemi v odstavci 5.5.1(pokládka do otevřeného výkopu).

Při použití BT řízeného protlaku v délce 206 m je rozpočet stanoven na částku **798 072 ,- Kč bez DPH.**(viz tabulka č. 7) [8] [12] [19] [23]

5.4.3. Bezvýkopová technologie – BERSTLINING /průběh stavebně montážních prací)

BT pracuje na principu zatažení nového potrubí do potrubí stávajícího při současném roztlačení stávajícího potrubí. Potrubí je zatahováno hydraulickým nebo pneumatickým zařízením ve vzdálenostech do cca 150 m z montážních jam. V úseku navrhované rekonstrukce je nutné vybudovat 12 montážních jam a to v místech vodovodních přípojek a odbočení na ul.Sokolovská. Zatažení potrubí předchází monitoring TV kamerou. Přípojky jsou přepojovány v montážních šachtách. Při použití BT berstlining je nutné zakalkulovat náhradní zásobování vodou po dobu prací suchovody . Suchovody je nutné vybudovat před započítáním zatahování potrubí. Konce potrubí budou svařovány technologií „na tupo“ podle technologie dané výrobcem.

Výkopové a zásypové práce 16 ks montážních jam o velikosti 2 x 1,5 x 2,0(výška x šířka x hloubka) jsou shodné s pracemi v odstavci 5.5.1 (pokládka do otevřeného výkopu).

Celkový rozpočet navrhovaného vodovodu při použití BT Berstlining v délce 206 m je stanoven na částku **830 336,- Kč bez DPH.**(viz tabulka č. 7) [8] [12] [20] [23]

5.4.4. Bezvýkopová technologie- RELINING(průběh stavebně montážních prací)

Princip reliningu spočívá v zatahování PE potrubí s vnějším průměrem menším, než je vnitřní průměr stávajícího potrubí. Proto je vhodný pro sanace potrubí, u kterých lze akceptovat snížení průtočného profilu. Pro relining je používáno polyetylenové vodovodní potrubí PE 100 RC s vysokou odolností proti pomalému šíření trhlin, nebo potrubí s vnějším ochranným pláštěm. Přípojky jsou přepojovány v připravených montážních výkopech . Při použití BT relining je nutné zakalkulovat náhradní zásobování vodou po dobu prací suchovody. Suchovody je nutné vybudovat před započítáním zatahování potrubí. Podmínkou je důkladné vyčištění potrubí před operací vtahování. Před samotnou sanací potrubí musí být připraven výkop na počátku, výkopy v místech vodovodních přípojek a na konci úseků. Ve všech jamách jsou poté provedeny výřezy potrubí a úpravy zakončení původních ocelových trub do tvaru, aby při vtahování nemohlo dojít k poškrábání potrubí o ostré hrany. Konce potrubí budou svařovány technologií „na tupo“ podle technologie dané výrobcem. Výkopové a zásypové práce 16 ks montážních jam o velikosti 2 x 1,5 x 2,0(výška x šířka x hloubka) jsou shodné s pracemi v odstavci 5.5.1(pokládka do otevřeného výkopu).Při použití BT Relining v délce 206 m je celkový rozpočet stanoven na částku **713 816,- Kč bez DPH.** (viz tabulka č. 7) [8] [12] [12] [23]

Tabulka 7. Cenová kalkulace-řízený protlak, Metoda Berstlining, Metoda Relining, stanoveno dle Katalogu popisů a směrných cen stavebních a technologických prací ÚRS Praha 2008 [8]

				řízený protlak 206 m		Metoda berstlining 206 m		Metoda relining 206 m	
				Cena jednotková	Cena celkem	Cena jednotková	Cena celkem	Cena jednotková	Cena celkem
Zemní a stavební práce									
Výkop jam a rýhy pro přípojky v hornině tř. 3, zpeřný zásyv rýhy a její zhutnění (14 ks výkopů)	m3	40,0 Kč	150,0 Kč	6 000,0 Kč	150,0 Kč	6 000,0 Kč	150,0 Kč	6 000,0 Kč	150,0 Kč
Naložení zeminy a kamení	t	80,0 Kč	58,0 Kč	4 640,0 Kč	58,0 Kč	4 640,0 Kč	58,0 Kč	4 640,0 Kč	58,0 Kč
Poplatek skládce za uložení zeminy s ohozem	t	80,0 Kč	280,0 Kč	22 400,0 Kč	280,0 Kč	22 400,0 Kč	280,0 Kč	22 400,0 Kč	280,0 Kč
Řízený protlak pod komunikací Ø 150 mm ; BERSTLINING v hornině tř. 3 DN 150 PE-RELINING v hornině tř. 3 DN 150 PE d60N 250	m	202,0 Kč	1 850,0 Kč	373 700,0 Kč	1 860,0 Kč	383 160,0 Kč	1 320,0 Kč	265 640,0 Kč	265 640,0 Kč
Kamenno na zásyv rýhy	t	80,0 Kč	350,0 Kč	28 000,0 Kč	350,0 Kč	28 000,0 Kč	350,0 Kč	28 000,0 Kč	350,0 Kč
Asfaltace komunikace	m2	35,0 Kč	1 500,0 Kč	52 500,0 Kč	1 500,0 Kč	52 500,0 Kč	1 500,0 Kč	52 500,0 Kč	52 500,0 Kč
Zemní a stavební práce celkem				487 240,0 Kč		496 700,0 Kč		380 180,0 Kč	
Montážní práce, pokládka vodovodu - kompletace	hod	75,0 Kč	421,0 Kč	31 575,0 Kč	421,0 Kč	31 575,0 Kč	421,0 Kč	31 575,0 Kč	421,0 Kč
Instalace armatur v dimenzi (2 ks šoupátková sestava DN 150, 3 ks hydrantová sestava DN 80)	hod	20,0 Kč	421,0 Kč	8 420,0 Kč	421,0 Kč	8 420,0 Kč	421,0 Kč	8 420,0 Kč	421,0 Kč
PE potrubí D 160, SDR 11 - RC	m	206,0 Kč	427,0 Kč	87 962,0 Kč	427,0 Kč	87 962,0 Kč	427,0 Kč	87 962,0 Kč	427,0 Kč
Elektropojka D 160, SDR 11	ks	35,0 Kč	454,0 Kč	15 890,0 Kč	454,0 Kč	15 890,0 Kč	454,0 Kč	15 890,0 Kč	454,0 Kč
Litinná spojka s jističem proti posunu Hawle č. 7974 DN 150 na stávající PVC DN 150	ks	2,0 Kč	7 510,0 Kč	15 020,0 Kč	7 510,0 Kč	15 020,0 Kč	7 510,0 Kč	15 020,0 Kč	7 510,0 Kč
Elektro T - kus D 160/90 (90 stupňů), SDR 11 - rovnoramenný, redukováný	ks	3,0 Kč	6 118,0 Kč	18 354,0 Kč	6 118,0 Kč	18 354,0 Kč	6 118,0 Kč	18 354,0 Kč	6 118,0 Kč
Šoupátková sestava (šoupátko přírubové Eko plus, DN 150, ZS teleskopická DN 150, podkladek, lit. poklop)	ks	3,0 Kč	5 571,0 Kč	16 713,0 Kč	5 571,0 Kč	16 713,0 Kč	5 571,0 Kč	16 713,0 Kč	5 571,0 Kč
Přípojka - elektrovtařovka - horní navrtávka s tel. ZS, tel. poklop a podložka	ks	12,0 Kč	5 119,0 Kč	61 428,0 Kč	5 119,0 Kč	61 428,0 Kč	5 119,0 Kč	61 428,0 Kč	5 119,0 Kč
Lemový nákrutěk a otočná příruba D 90, SDR 11	ks	3,0 Kč	488,0 Kč	1 464,0 Kč	488,0 Kč	1 464,0 Kč	488,0 Kč	1 464,0 Kč	488,0 Kč
Lemový nákrutěk a otočná příruba D 160, SDR 11	ks	2,0 Kč	1 055,0 Kč	2 110,0 Kč	1 055,0 Kč	2 110,0 Kč	1 055,0 Kč	2 110,0 Kč	1 055,0 Kč
Hydrantová sestava (litinné patkové koleno DN 80, podzemní drouč, hydrant DN 80 AVK, děn, podkladek, lit. poklop)	ks	3,0 Kč	8 152,0 Kč	24 456,0 Kč	8 152,0 Kč	24 456,0 Kč	8 152,0 Kč	24 456,0 Kč	8 152,0 Kč
Signalizační vodič na potrubí s podládkou	m	206,0 Kč	15,0 Kč	3 090,0 Kč	15,0 Kč	3 090,0 Kč	15,0 Kč	3 090,0 Kč	15,0 Kč
Spojovací materiál (nerez šrouby, podložky, matice, těsnění)	ks	1,0 Kč	3 872,0 Kč	3 872,0 Kč	3 872,0 Kč	3 872,0 Kč	3 872,0 Kč	3 872,0 Kč	3 872,0 Kč
Montážní práce a materiál celkem				290 354,0 Kč		290 354,0 Kč		290 354,0 Kč	
Bakteriologický rozbor vody, funkčnost ident. vodiče	soubor	1	3 900,0 Kč	3 900,0 Kč	3 900,0 Kč	3 900,0 Kč	3 900,0 Kč	3 900,0 Kč	3 900,0 Kč
Tlaková zkouška potrubí	m	206	35,0 Kč	7 210,0 Kč	35,0 Kč	7 210,0 Kč	35,0 Kč	7 210,0 Kč	35,0 Kč
Manipulace na sítí	hod	8	421,0 Kč	3 368,0 Kč	421,0 Kč	3 368,0 Kč	421,0 Kč	3 368,0 Kč	421,0 Kč
Geodetické zaměření potrubí	sada	1	6 000,0 Kč	6 000,0 Kč	6 000,0 Kč	6 000,0 Kč	6 000,0 Kč	6 000,0 Kč	6 000,0 Kč
Ostání náklady celkem				20 478,0 Kč		20 478,0 Kč		20 478,0 Kč	
montáž suchovodu					22 804,0 Kč		22 804,0 Kč		22 804,0 Kč
CENA včetně materiálu CELKEM bez DPH :				798 072,0 Kč		830 336,0 Kč		713 816,0 Kč	

5.4.5. Rekapitulace a srovnání použitých technologií

Obecně lze konstatovat, že jedna z hlavních výhod bezvýkopových technologií je snížení objemu zemních prací a značná časová úspora. Při pokládce otevřeným výkopem probíhají zemní a montážní práce kontinuálně, tedy je zapotřebí zabezpečit po tuto dobu odborně zaškolené pracovníky. Použití samotné bezvýkopové technologie předchází přípravné stavebně – zemní práce, kde nejsou zapotřebí kvalifikovaní zaměstnanci. V navrhovaném úseku vodovodního potrubí na ul. Na Parceli je nutné vybudovat z důvodů přepojení vodovodních přípojek 12 montážních jam. Montážní jámy jsou vzdáleny od sebe cca 12 m. Tato skutečnost snižuje ekonomickou výhodnost v porovnání s pokládkou do otevřeného výkopu, ale i tak jsou z příložené tabulky č.8. zřejmé finanční úspory. Nejlépe z porovnání vychází použití technologie Relining, kde úspora činí **291 927,- Kč**, což představuje úsporu **1089,- Kč/1bm**. K použití bezvýkopové technologie Relining se přiklání i ta skutečnost, že stávající potrubí je využito jako chránička. To má za následek fakt, že v navrhované trase rekonstruovaného potrubí se nebude nacházet další nefunkční zařízení, které může v případě provádění výkopu ztížit orientaci v inženýrských sítích a jejich případnou opravu. (viz. problematika v bodě 4.1)

	metoda pokládky	cena řízený protlak / 58 m	cena technologie /202 m	celková cena 264 m	úspora bezvýkopových technologií v porovnání s pokládkou do otevřeného výkopu
1.	pokládka do otevřeného výkopu	162 932,0 Kč	933 743,0 Kč	1 096 675,0 Kč	
2.	Metoda řízeného protlaku	162 932,0 Kč	798 072,0 Kč	961 004,0 Kč	135 671,0 Kč
3.	Metoda BRESTLINING	162 932,0 Kč	830 336,0 Kč	993 268,0 Kč	103 407,0 Kč
4.	Metoda RELINING	162 932,0 Kč	713 816,0 Kč	876 748,0 Kč	219 927,0 Kč

Tabulka 8. cenové srovnání technologií

Jedním z dalších kritérií pro posouzení použitých technologií je časová úspora při stavebních a technologických pracích. Za tímto účelem jsem v bakalářské práci sestavil harmonogram prováděných prací za pomoci Ganttova diagramu (viz. příloha č. 1). Ze sestaveného harmonogramu plyne, že navrhované bezvýkopové technologie jsou časově srovnatelné. Z pohledu časové náročnosti je nejvýhodnější použití varianty technologie řízeného protlaku, při které lze rekonstrukci vodovodního řádu provést v termínu 35 pracovních dnů. V porovnání s časovou náročností klasické pokládky do otevřeného výkopu (46 pracovních dnů) lze konstatovat úsporu 11 pracovních dnů (což je 24%).

6. Závěr

K rekonstrukcím vodovodních a kanalizačních distribučních systémů dochází vlivem omezené životnosti materiálů, které byly pro tyto účely použity. Rostoucí nároky na zásobování pitnou vodou pro obyvatelstvo a průmysl, jenž jsou charakterizovány kvalitativními, množstevními požadavky a plynulostí dodávky pitné vody, je žádoucí tyto nevyhovující, stávající, distribuční systémy rekonstruovat a tím zkvalitňovat účinnost a funkčnost distribučních systémů. V současnosti výrazně převládá rekonstrukce vodovodních a kanalizačních řadů nad výstavbou nových řadů. Před technickým řešením této práce byla dílčí část věnována teoretické oblasti. Teoretická část bakalářské práce popisuje legislativu spojenou s výstavbou nebo rekonstrukcí vodovodních řadů. Dále je v teoretické části popsáno provozování vodovodních systémů a materiálů, které se pro distribuci vody používají.

V praktické části bakalářské práce je začátek kapitoly věnován seznámení s provozováním vodovodních řadů v lokalitě Havířov a dále popis oblasti Havířov-Šumbark, Na Parceli „U Nádraží“, kde se nachází řešený, stávající vodovodní řad. Pro navrhovaný úsek vodovodu je vypracován hydraulický výpočet a výpočet zdržení vody ve vodovodním potrubí. Na novém vodovodním řadu jsou navrženy 2 ks hydranty (kalní, vzdušník), 2 ks šoupat a 14 přepojených vodovodních přípojek. V technickém řešení je proveden návrh a cenová kalkulace na rekonstrukci vodovodního řadu čtyřmi technologickými postupy. Klasický postup položením nového vodovodního řadu do otevřeného výkopu jsem porovnal s třemi možnostmi bezvýkopových technologií. Z porovnaných dat plyne cenová i časová úspora technologií pro rekonstrukci navrhovaného vodovodního řadu.

Součástí mé bakalářské práce je vypracování projektové dokumentace k navrhovanému vodovodnímu řadu. Projekt podrobné situace, kladečské schéma a příčný řez uložení potrubí byl vypracován programem AUTOCAD ve studentské verzi, podélný profil byl zpracován programem AUTOPLAN a následně přeformátován do programu AUTOCAD.

Cílem bakalářské práce je poukázat na alternativní varianty rekonstrukcí vodovodních a kanalizačních řadů s minimálními negativními dopady na životní prostředí, s minimalizací rušení každodenního života obyvatel s ekonomicky konkurenceschopnou cenou.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1.] SUKOVITÝ, A., VIŠŇOVSKÝ, P. *Vodárenství II: Úprava a akumulace vody, zásobování průmyslu a zemědělství vodou*. Praha: SNTL, 1971.
- [2.] NOVÁK, J., et al. *Příručka provozovatele vodovodní sítě*. Praha: SOVAK Sdružení oboru vodovodů a kanalizací, 2003. 151 p. ISBN 80-238-9946-5.
- [3.] KOLEKTIV AUTORŮ *Zásady pro využití bezvýkopových technologií v oboru vodovodu a kanalizací*. Praha: SOVAK Sdružení oboru vodovodů a kanalizací, 2003. 144 p. ISBN 978-80-871-140-07-9.
- [4.] KYNCL, M., HEVIÁNKOVÁ, S. *Udržitelné systémy veřejných vodovodů a veřejných kanalizací*. Ústí nad Labem: Univerzita J.E.Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta životního prostředí, 2014. ISBN 978-80-7414-830-9.
- [5.] COUFAL, M. *Historické materiály používané pro výstavbu vodovodu v Čechách a na Moravě*. SOVAK Časopis oboru vodovodů a kanalizací, 2014, vol. 2, p. 25–29.
- [6.] Ing. Josef Novák a kolektiv autorů: *Příručka uživatele vodovodní sítě*, SOVAK, 2003
- [7.] BERÁNEK, J., et al. *INŽENÝRSKÉ SÍTĚ*. Brno: VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ, 2005. Studijní opory pro studijní programy s kombinovanou formou studia.
- [8.] *Katalog popisů a směrných cen stavebních prací:*
800-1 *Zemní práce (katalog popisů a směrných cen stavebních prací)*
822-1 *Komunikace pozemní a letiště (katalog popisů a směrných cen stavebních prací)*
827-1 *Montáže potrubí – vodovod a kanalizace (katalog popisů a směrných cen stavebních prací)*
23-M *Montáže potrubí (Katalog popisů a směrných cen montáží technologických zařízení)*.
Praha: ÚRS PRAHA, a.s. – Inženýrská a poradenská organizace, 2008.
- [9.] *Zákon o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu*. In: 274/2001 Sb. 2001.
Dostupné z:
<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=274~2F2001&part=&name=&rpp=15#seznam> (cit. 15.2.2015).
- [10.] *Stavební zákon*. In: č.183/2006 Sb. 01.01.2007. Dostupné z:
<http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=183~2F2006&part=&name=&rpp=15%23seznam%20> (cit. 15.2.2015).

- [11.] Zákon o vodách a o změně některých zákonů. In: 254/2001 Sb. 2001. Dostupné z: <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&fulltext=&nr=254~2F2001&part=&name=&rpp=15#seznam> (cit. 15.2.2015).
- [12.] Zákon o silničním provozu. In: 361/2000 Sb. TP 66 „Zásady pro přechodné dopravní značení na pozemních komunikacích“
Dostupné z <http://portal.gov.cz/app/zakony/zakon.jsp?page=0&nr=361~2F2000&rpp=15#seznam> (cit. 15.2.2015).
- [13.] Havlík, A. *Historie vodního stavitelství*.
http://hydraulika.fsv.cvut.cz/Vin/ke_stazeni/Historie.pdf (cit. 15.2.2015).
- [14.] ruedeslumieres.morkitu.org/. <http://ruedeslumieres.morkitu.org/apprendre/aqueduc%20retz/> .
(cit. 10.2.2015).
- [15.] COMPAKT PIPE. cz.wavin.com.
http://cz.wavin.com/master/master.jsp?products=products&middleTemplateName=oc_middle_system_detail_I&FOLDER%3C%3Efolder_id=2534374305483481&c=products&p=/Assortments/037/037/External_037_Products/INFRA/280/310 . (cit. 15.2.2015).
- [16.] Torner, V. *Obnova technických sítí v Brně*. [Online] 07, 05.
http://www.casopisstavebnictvi.cz/obnova-technicky-siti-v-brne_N216 (cit. 15.2.2015)
- [17.] Simicevic, J.; Sterling, R. L. *Guidelines for Pipe Bursting*; Engineering Research and Development Center (ERDC): Vicksburg, 2001.
- [18.] Knight, M.; Tighe, S.; Adedapo, A. In *Trenchless Installations Preserve Pavement Integrity*, Annual Conference of the Transportation Association of Canada; , Ed.; 2004; pp 1–15.
- [19.] talparpf.cz. <http://www.talparpf.cz/bezvykopova-vystavba-vodovodu-a-kanalizaci.html> (cit. 3.3.2015).
- [20.] dorg.cz. <http://www.dorg.cz/stranka/23/berstlining-cracking/> (cit. 3.3.2015).
- [21.] ČSN 75 5411. *Vodárenství. Vodovodní přípojky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2006.
- [22.] ČSN 75 5911. *Tlakové zkoušky vodovodního a závlahového potrubí*. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [23.] ČSN 75 5401. *Navrhování vodovodního potrubí*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2007.
- [24.] ČSN 73 6133, *Navrh a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.

- [25.] dk.spsopava.cz/.
http://dk.spsopava.cz:8080/fotogalzobraz.php?adr=SEsK0B_20150219_170648 (cit. 3. 3. 2015)
- [26.] Selvakumar, A.; Clark, R.; Sivagenesan, M., *Costs for Water Supply Distribution System Rehabilitation*, 2002. ascelibrary.org.
[http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9496\(2002\)128:4\(303\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9496(2002)128:4(303)) (cit. 8.3. 2015).

Seznam obrázků

Obrázek 1.Římský akvadukt	2
Obrázek 2.Litinové potrubí -zámek Versailles	2
Obrázek 3.Gravitační vodovod	10
Obrázek 4.Výtlačný vodovod	10
Obrázek 5.Větvená vodovodní síť	12
Obrázek 6. Okružová vodovodní síť	13
Obrázek 7. Příčný řez sekundárním kolektorem	15
Obrázek 8. snímek autora, kolektor Havířov-Šumbark.....	15
Obrázek 9.Výměna potrubí roztrháním stávajících trub a jejich zatlačením do stran	20
Obrázek 10. Rošiřovací hlavice	20
Obrázek 11.Metoda cementace a epoxidace	21
Obrázek 12.Metoda vyvložkování zatahování potrubí/relining	23
Obrázek 13.Zatahování deformovaného potrubí	24
Obrázek 14. Metoda pryskyřicí nasátých rukávů	25
Obrázek 15.Metoda s propichovacím kladivem.....	26
Obrázek 16. Metoda řízeného,horizontálního protlaku	27
Obrázek 17.Lokalizace posuzované oblasti -Havířov -Šumbark , ul. Na Parceli, U Nádraží	33
Obrázek 18. Havířov-Šumbark,ul.Na Parceli,U Nádraží -místní podmínky.....	36

Seznam Tabulek

Tabulka 1.trubní materiály-vodovodní řady.....	31
Tabulka 2. trubní materiály-vodovodní přípojky	31
Tabulka 3. statistika poruch na sledovaném úseku , zdroj - interní data SmVaK Ostrava a.s.	37
Tabulka 4. Souhrnná tabulka hydraulického výpočtu	42
Tabulka 5 .Cenová kalkulace 58 m řízeného protlaku , stanoveno dle Katalogu popisů a směrných cen stavebních a technologických prací ÚRS Praha 2008	44
Tabulka 6.Cenová kalkulace-Otevřený výkop, stanoveno dle Katalogu popisů a směrných cen stavebních a technologických prací ÚRS Praha 2008.....	46
Tabulka 7.Cenová kalkulace-řízený protlak, Metoda Berstlining, Metoda Relining, stanoveno dle Katalogu popisů a směrných cen stavebních a technologických prací ÚRS Praha 2008	48
Tabulka 8. cenové srovnání technologií.....	49

Seznam grafů

Graf 1. Vývoj cen řízených protlaků fa TALPA spol. s r.o.	28
Graf 2. Havířovská oblast-vodovodní řady	32
Graf 3. Městská zástavba-vodovodní řady	32
Graf 4. Havířovská oblast, vodovodní přípojky	32
Graf 5. Havířov-Městská zástavba, vodovodní přípojky	32

Přílohy

Výkres č. 1 GANTTŮV DIAGRAM
Výkres č. 2 PODROBNÁ SITUACE
Výkres č. 3 KLADEČSKÉ SCHÉMA
Výkres č. 4 PODÉLNÝ PROFIL
Výkres č. 5 PŘÍČNÝ ŘEZ POTRUBÍM